

Integración de un diseño eléctrico en metodología BIM con herramientas
presupuestales del software TICON

SEBASTIAN MURALLAS SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA ELÉCTRICA
BUCARAMANGA

2023

Integración de un diseño eléctrico en metodología BIM con herramientas
presupuestales del software TICON

SEBASTIAN MURALLAS SÁNCHEZ

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista

Director:

Oscar Arnulfo Quiroga

PhD. Ingeniería Eléctrica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA ELÉCTRICA
BUCARAMANGA

2023

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. METODOLOGÍA BIM Y SU VÍNCULO CON PRESUPUESTOS DEL SECTOR ELÉCTRICO.....	12
1.1 ¿QUÉ ES LA METODOLOGÍA BIM?	12
1.1.1 Ventajas de la implementación de BIM.....	13
1.1.2 Desventajas de la implementación de BIM.....	13
1.2 REVIT MEP	13
1.2.1 <i>Plugins</i> en Revit	14
1.3 PRESUPUESTOS Y SU PRESENTACION EN LA COMPAÑÍA A.M.V SAS... 14	
1.3.1 Presupuesto General.....	14
2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PLUGIN REVIT-TICON	20
2.1 ETAPA DE ADECUACIÓN DEL <i>PLUGIN</i> A LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA	21
2.2 ETAPA DE PRUEBAS Y COMPARACIONES	22
2.3 DISEÑO DEL MODELO ELÉCTRICO PARA SU APLICACIÓN	23
2.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL	23
3. RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN DEL PLUGIN REVIT-TICON.....	25
3.1 ADECUACIÓN DEL <i>PLUGIN</i> A LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA	25
3.2 PRUEBAS Y COMPARACIONES	27
3.3 DISEÑO DEL MODELO ELÉCTRICO PARA SU APLICACIÓN	35
3.3.1 Instalaciones internas	35
3.3.2 Puntos fijos.....	43
3.3.3 Redes de comunicaciones	46
3.3.4 Sistema de protección contra rayos (SIPRA)	49
3.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL	53
4. CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA	60

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas de la metodología BIM	12
Figura 2. Presentación de un presupuesto en la Plataforma TICON.....	15
Figura 3. Codificación capítulos, subcapítulos y tareas.....	16
Figura 4. Análisis unitario de la actividad “Salida luminaria 40W”	17
Figura 5. Documento cantidades proyecto Aquaris Marval	19
Figura 6. Documento cantidades (Sección de especificaciones técnicas) proyecto Aquaris Marval	19
Figura 7. Diagrama Metodología para el desarrollo del proyecto	20
Figura 8. Actividades Etapa 1	21
Figura 9. Actividades Etapa 2.....	22
Figura 10. Actividades Etapa 3.....	23
Figura 11. Actividades Etapa 4.....	24
Figura 12. Registro de los valores APU en la plataforma TICON.....	25
Figura 13. Apartamento tipo proyecto Lyon 2.....	26
Figura 14. Parametrización modelo Revit del proyecto Aquaris	28
Figura 15. Apartado configuración del plugin	29
Figura 16. Interfaz buscador de códigos del plugin	30
Figura 17. Parametrización en Revit con las nuevas funcionalidades.....	30

Figura 18. Presupuesto plugin apartamento tipo proyecto Aquaris	31
Figura 19. Presupuesto plugin puntos fijos proyecto Aquaris	32
Figura 20. Presupuesto plugin tableros de medidores proyecto Aquaris	33
Figura 21. Presupuesto plugin acometidas apartamentos proyecto Aquaris	34
Figura 22. Configuración plugin para agregar factor multiplicador	35
Figura 23. Instalaciones internas apartamento tipo 37 Saona - Torre 2	37
Figura 24. Instalaciones internas apartamento tipo 38 Saona - Torre 2	38
Figura 25. Tomacorrientes controlados en la zona de baños	39
Figura 26. Tomacorrientes en la zona de cocina	40
Figura 27. Altura tomacorrientes en la zona de cocina	40
Figura 28. Tomacorrientes zona de lavado y planchado	41
Figura 29. Cuadro de cargas apartamento tipo 37	42
Figura 30. Cuadro de cargas apartamento tipo 38	42
Figura 31. Resultados iluminación normal pasillos Saona - Torre 2	43
Figura 32. Resultados iluminación emergencia pasillos Saona - Torre 2	43
Figura 33. Disposición luminarias pasillos Saona - Torre 2 en Dialux	44
Figura 34. Modelo Revit pasillos Saona - Torre 2	44
Figura 35. Resultados iluminación normal escaleras Saona - Torre 2	45
Figura 36. Resultados iluminación emergencia escaleras Saona - Torre 2	45
Figura 37. Vista 3D modelo escaleras	46
Figura 38. Salidas de comunicaciones en apartamento tipo y ubicación de buitrón	47
Figura 39. Redes BT sobre modelo estructural en vista 3D	48
Figura 40. Ubicación de las acometidas eléctricas Piso 1 Saona - Torre 2	48

Figura 41. Ubicación de las acometidas eléctricas piso tipo Saona - Torre 2	49
Figura 42. Procedimiento para la decisión de necesidad de protección	50
Figura 43. Resultados memoria de cálculo análisis de riesgo	51
Figura 44. Resultados comparación componentes de riesgo	51
Figura 45. Tabla 2 Capitulo 5.2.1.1 NTC 4552-3	52
Figura 46. Modelo sistema de protección contra rayos Saona - Torre 2	52
Figura 47. Parámetros armarios de medidores Saona - Torre 2	53
Figura 48. Resultados presupuesto redes BT Saona - Torre 2	54
Figura 49. Proceso para cargar el presupuesto a la plataforma TICON	54
Figura 50. Presupuesto proyecto Saona - Torre 2 en plataforma TICON.....	55
Figura 51. Flujograma de procesos para el plugin Revit	56

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Presupuesto guía apartamento tipo proyecto Aquaris	31
Tabla 2. Presupuesto guía puntos fijos proyecto Aquaris	33
Tabla 3. Presupuesto guía tableros de medidores proyecto Aquaris	34
Tabla 4. Presupuesto guía acometidas apartamentos proyecto Aquaris	34

RESUMEN

TÍTULO: INTEGRACIÓN DE UN DISEÑO ELÉCTRICO EN METODOLOGÍA BIM CON HERRAMIENTAS PRESUPUESTALES DEL SOFTWARE TICON*

AUTOR: SEBASTIAN MURALLAS SÁNCHEZ**

PALABRAS CLAVE: diseño eléctrico, presupuesto, Revit MEP, plugin Revit

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto consiste en mejorar e implementar un *plugin* de REVIT, que empalma el diseño eléctrico en metodología BIM con el módulo de presupuestos del software TICON. Es importante mencionar que, este *plugin* por ahora solo ha sido utilizado en arquitectura.

Actualmente, la empresa A.M.V SAS presenta limitantes en la creación de presupuestos, en razón a que se deben realizar medidas y análisis repetitivos que podrían llevar a un mal cálculo; asimismo, la mayoría de los datos deben ser digitados manualmente, lo cual aumenta la probabilidad que se cometa un error humano.

Por lo anterior, se propone realizar el diseño eléctrico de la torre 2 del proyecto Saona, parametrizando los elementos del modelo en Revit con la codificación que implementa la plataforma TICON; de este modo, se cargará el presupuesto por medio del *plugin* y se comprobarán los datos con el departamento de presupuestos.

Para adecuar el *plugin* a las necesidades específicas de la empresa, se realizarán diversas actualizaciones, las cuales serán probadas hasta llegar a los alcances esperados.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Oscar Arnulfo Quiroga. PhD. Ingeniería Eléctrica

ABSTRACT

TITLE: INTEGRATION OF AN ELECTRICAL DESIGN IN BIM METHODOLOGY WITH TICON SOFTWARE BUDGETING TOOLS*

AUTHOR: SEBASTIAN MURALLAS SÁNCHEZ**

KEY WORDS: electrical design, budget, Revit MEP, Revit plugin

DESCRIPTION:

This project consists of improving and implementing a REVIT plugin, which links the electrical design in BIM methodology with the TICON software budgeting module. It is important to mention that, so far, this plugin has only been used in architecture.

Currently, the A.M.V company has limitations in the creation of budgets, because repetitive measurements and analyses must be performed, which could lead to a bad calculation; also, most of the data must be entered manually, which increases the likelihood of human error.

Therefore, it is proposed to perform the electrical design of tower 2 of the Saona project, parameterizing the REVIT model elements with the coding implemented by the TICON platform; in this way, the budget will be loaded through the plugin and the data will be checked with the budget department.

In order to adapt the plugin to the specific needs of the company, several updates will be made, which will be tested until reaching the expected scope.

* Bachelor Thesis.

** Physics-Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and Telecommunications School.
Advisor: PhD., Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción se están aplicando las nuevas tecnologías para atraer la innovación y la optimización de procesos. El *Building Information Modeling* (BIM) ha transformado la metodología en el diseño y gestión de proyectos en este nicho de mercado, brindando nuevas herramientas que optimizan los tiempos y sobrecostos generados. Una de las utilidades de esta tecnología se relaciona con el control y cálculo de cantidades, lo cual evita la aparición de errores presupuestales o gastos no previstos en la etapa constructiva que generan retrocesos para finalizar los proyectos.

En consecuencia, la aplicación de la metodología BIM soluciona variados inconvenientes en comparación con la aplicación de tecnologías convencionales; por consiguiente, en el sector eléctrico se ha venido adoptando esta herramienta para el diseño y consultoría de diferentes proyectos de construcción, específicamente por medio del software Revit. Este último, permite la coordinación de los modelos con las otras disciplinas involucradas en los proyectos de construcción y la generación de cantidades de obra para mantener un control durante el proceso.

La compañía A.M.V. SAS, perteneciente al sector eléctrico de la construcción, presenta limitantes en la creación de presupuestos, por cuanto se deben realizar análisis repetitivos y medidas (longitudes de cableado y tuberías) que pueden concluir en cálculos desacertados. Asimismo, la mayoría de los datos deben ser digitados manualmente, lo cual aumenta la probabilidad de incurrir en errores humanos. En consecuencia, se propone realizar la adecuación de un *plugin* de Revit que le permita a la compañía enlazar automáticamente los diseños eléctricos realizados en metodología BIM con su plataforma de presupuestos, a fin de optimizar los procesos presupuestales y solucionar inconvenientes alusivos a los tiempos de trabajo y entrega.

Por lo anterior, esta práctica empresarial tuvo como propósito realizar el diseño eléctrico del proyecto Saona - Torre 2, mejorando el plugin que enlaza el modelo en REVIT con el módulo de presupuestos del software TICON. Para alcanzar ese objetivo, se adecuó el *plugin* según las necesidades de la compañía, por medio de pruebas preliminares aplicadas en diferentes sectores de un proyecto realizado en REVIT; posteriormente, se modelaron las instalaciones internas, puntos fijos, acometidas eléctricas, comunicaciones y protección contra rayos; a fin de ser valorados con la última versión del *plugin*. Finalmente, se parametrizó el modelo del proyecto con la codificación que utiliza el *plugin*, para generar automáticamente el presupuesto en la plataforma TICON.

En ese orden, el presente documento se estructura de la siguiente forma. El primer apartado hace alusión a un fundamento conceptual que relaciona las definiciones necesarias para contextualizar las acciones realizadas en el desarrollo del proyecto. El segundo, comprende las cuatro etapas de la metodología implementada durante la práctica empresarial, haciendo énfasis en cada actividad desarrollada para dar cumplimiento a los objetivos específicos. En la tercera sección se exponen los resultados derivados de cada etapa de la metodología, evidenciando los diferentes alcances y limitaciones que se obtuvieron a lo largo del proyecto. Finalmente, se concluye el cumplimiento de los diferentes objetivos planteados al inicio de la práctica empresarial.

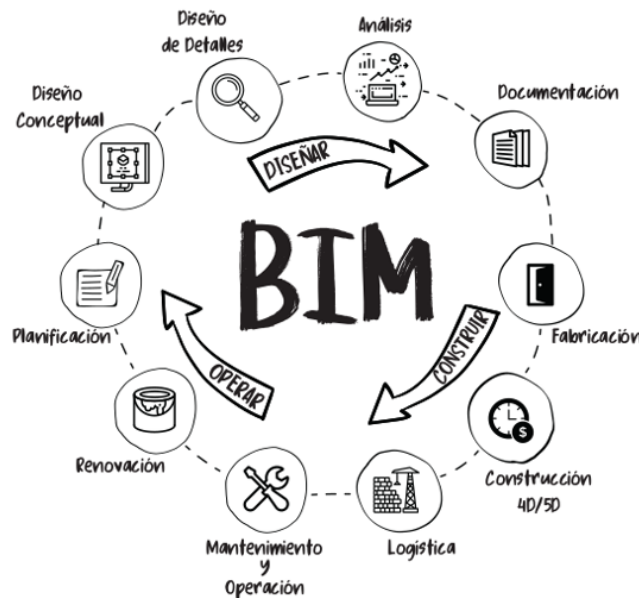
1. METODOLOGÍA BIM Y SU VÍNCULO CON PRESUPUESTOS DEL SECTOR ELÉCTRICO

1.1 ¿QUÉ ES LA METODOLOGÍA BIM?

Building Information Modeling (BIM) es una metodología que provee una representación 3D de una construcción, acompañada de parámetros y componentes funcionales, la cual sirve de fuente de información durante todo el ciclo de vida del proyecto¹ (ver Figura 1).

BIM es implementado por gerentes de construcción o contratistas generales para disminuir la cantidad de trabajo al preparar estimaciones de costos; a la par, se pueden realizar renderizados 3D. Por otra parte, el BIM 4D se utiliza para integrar cronogramas de obra y organizar planes logísticos del sitio. Con el modelo BIM también se puede entregar un modelo de información de construcción, de acuerdo con lo ejecutado por un equipo de mantenimiento².

Figura 1. Etapas de la metodología BIM



Fuente: AD BARBIERI, 2023.

¹ SIDNEY, Levy. Project management in construction. 7 ed. Nueva York: Mc Graw-Hill, 2018. p. 481

² FAZLI, Abdulsame, *et.al.* Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management. *En:* Procedia Technology. 2014, Vol. 16, p. 1116-1125.

1.1.1 Ventajas de la implementación de BIM

De acuerdo con Sidney³, a continuación se describen las ventajas al momento de implementar la metodología BIM en la construcción:

- A). Reducir los tiempos de espera para la entrega de información relacionada con el proyecto.
- B). Coordinar y detectar interferencias con el fin de evitar rediseños en la etapa constructiva.
- C). Reducir los potenciales sobrecostos al tener un mayor control sobre los factores que generan cambios en el orden del proyecto.
- D). Disminuir reprocesos en los cronogramas de diseño y construcción.
- E). Capacidad para generar cantidades de materiales durante la etapa de diseño.

1.1.2 Desventajas de la implementación de BIM

En el siguiente apartado se describen las desventajas en la implementación de la metodología BIM en la construcción⁴:

- A). Debido a que es una nueva metodología, la comunicación entre los diferentes equipos que conforman el proyecto es vital para no perder la coordinación del proyecto.
- B). Es posible presentar falta de comprensión en los nuevos procedimientos, lo cual crea un proceso de aprendizaje no contemplado con anteriores metodologías.
- C). Los consultores, contratistas y demás equipos que hagan parte del proyecto deberán contratar personal con experiencia en esta nueva metodología de trabajo.

1.2 REVIT MEP

Revit es un software desarrollado por Autodesk que sigue la metodología BIM. Las siglas MEP significan: Mecánico (ventilación y climatización), Eléctrico (potencia e iluminación) y Plomería (suministro de agua y red sanitaria).

Este software se enfoca en el diseño de instalaciones y sistemas complejos que involucran

³ SIDNEY. Op. cit., p. 483.

⁴ SIDNEY. Op. cit., p. 483.

diferentes disciplinas mediante el modelado de información para el sector construcción. Gracias a la metodología BIM, Revit MEP permite la colaboración y coordinación en tiempo real entre los participantes del proyecto, de manera eficaz y en el menor tiempo posible⁵.

1.2.1 Plugins en Revit

Los *plugins* en Revit pueden mejorar la productividad al proveer nuevas funcionalidades y expandir el alcance de las herramientas que ya cuenta el software. Autodesk trabaja cada año para mejorar las funcionalidades en Revit, no obstante, los desarrollos de terceros son necesarios para optimizar algunas tareas. Estas herramientas se pueden descargar desde la tienda *Autodesk App Store* o directamente desde el apartado web del desarrollador⁶.

1.3 PRESUPUESTOS Y SU PRESENTACION EN LA COMPAÑÍA A.M.V SAS

Teniendo en cuenta que el *plugin* de Revit trabajado en este proyecto enlaza el diseño eléctrico con la plataforma de presupuestos TICON, se realiza una descripción de la estructura de un presupuesto general presentado por la compañía y los documentos que lo complementan: tareas, actividades, objetos y formato de cantidades con especificaciones técnicas.

1.3.1 Presupuesto General

Se muestran todas las actividades requeridas para el proyecto, organizadas por capítulos y subcapítulos. Estos a su vez, están catalogados como tareas (ver Figura 2). Dichas tareas contienen actividades, las cuales poseen una cantidad, valor unitario, valor de mano de obra, valor de material y sus respectivos APU's. El presupuesto está estructurado en una serie de ítems descritos en detalle a continuación:

⁵KONSTRUEDU. [Sitio Web]. Lima: Konstruedu.com. Disponible en: <https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-revit-mep>.

⁶ ROBERTI, Fabio y FERREIRA, Decio. Increasing Autodesk Revit Productivity for BIM Projects: A practical guide to using Revit workflows to improve productivity and efficiency in BIM projects. Birmingham: Packt, 2021. p.403.

Figura 2. Presentación de un presupuesto en la Plataforma TICON

WVisualizar Presupuesto

Refresh 0

Capítulo Actividad Objeto Ver

		VALOR MAT.	VALOR M.O.	VALOR M.E.Q.	VALOR SUB.C.	VALOR OTROS	TOTAL				
0100000 COSTOS DIRECTOS PRELIMINARES		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
0200000 COSTOS DIRECTOS PROYECTO		3.030.650.991,25	1.055.132.581,29	19.437.879,00	0,00	0,00	4.125.220,54				
0201000 ACOMETIDA GENERAL EN MT 13,2 KV		38.940.548,73	16.473.599,00	2.844.376,00	0,00	0,00	58.258.523,73				
0201001 URBANISMO M.T. - INFRAESTRUCTURA Y REDES		38.940.548,73	16.473.599,00	2.844.376,00	0,00	0,00	58.258.523,73				
- ACTIVIDAD		OBJETO	CANTIDAD	FACTOR	REP.	VALOR MAT.	VALOR M.O.	VALOR M.E.Q.	VALOR SUB.C.	VALOR OTROS	TOTAL
?	2	TERMINAL PREMOLDEADO TIPO EXT 15 KV NO. 2-1/0 JG	1,0000	1,0000		858.059,20	210.381,00	250,00	0,00	0,00	1.068.690,20
?	8	CANALIZACION DUCTO PVC 203* TDP ML	191,0000	1,0000		3.544.144,29	5.622.276,00	589.426,00	0,00	0,00	9.755.846,29
?	839	PUESTA A TIERRA DE MEDIA TENSION UN	1,0000	1,0000		588.875,58	80.000,00	1.000,00	0,00	0,00	669.875,58
?	1326	BAJANTE GALV. 3"X6 M UN	1,0000	1,0000		902.699,18	148.474,00	3.000,00	0,00	0,00	1.054.173,18
?	2428	CUADRILLA LINEA VIVA HR	1,0000	1,0000		119.688,84	0,00	870.100,00	0,00	0,00	989.788,84
?	2451	CAMARA DE INSP. MT TIPO I EMCALI UN	6,0000	1,0000		9.494.021,02	5.108.292,00	930.000,00	0,00	0,00	15.532.313,02
?	2451	CAMARA DE INSP. MT TIPO I EMCALI UN	2,0000	1,0000		2.507.840,86	1.549.296,00	310.000,00	0,00	0,00	4.367.136,86
?	2708	ESTRUCTURA DE DERIVACION MT UN	1,0000	1,0000		1.637.902,24	170.520,00	5.000,00	0,00	0,00	1.813.422,24
?	3979	RED AL XLPE 3 # 2 AWG 15 KV 100% ML	226,0000	1,0000		19.124.688,08	3.584.360,00	135.600,00	0,00	0,00	22.844.648,08
?	4127	ADAPTADOR TERMINAL UN	1,0000	1,0000		162.629,44	0,00	0,00	0,00	0,00	162.629,44
0202000 SUBESTACIONES ELECTRICAS		329.927.599,40	16.589.049,50	2.299.680,00	0,00	0,00	348.816.328,90				
0202001 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 1		178.807.406,84	8.749.593,83	1.305.360,00	0,00	0,00	188.862.360,67				
- ACTIVIDAD		OBJETO	CANTIDAD	FACTOR	REP.	VALOR MAT.	VALOR M.O.	VALOR M.E.Q.	VALOR SUB.C.	VALOR OTROS	TOTAL
?	35	CONEXIÓN PLANTA DE EMERGENCIA GB	1,0000	1,0000		5.196.213,28	114.040,89	2.000,00	0,00	0,00	5.312.254,17
?	58	RED AL THHN 3X(3#500+1#500) + (3#1/0) CU ML	10,0000	1,0000		3.098.831,14	356.169,90	0,00	0,00	0,00	3.454.999,04
?	638	RED CU THHN (3#14) ML	10,0000	1,0000		36.521,67	10.109,90	0,00	0,00	0,00	46.631,57
?	646	MALLA A TIERRA SUBESTACION GB	1,0000	1,0000		3.265.266,40	694.731,98	10.000,00	0,00	0,00	3.969.998,38
?	781	CAMARA INSPECCION TIERRAS UN	2,0000	1,0000		221.213,52	108.456,80	1.000,00	0,00	0,00	330.670,32

Fuente: elaboración propia

- **Capítulo:** es el primer nivel jerárquico en la organización de los diferentes ítems del presupuesto, está formado por subcapítulos.
- **Subcapítulo:** se encuentra formado por tareas y corresponde al segundo nivel en el orden del presupuesto.
- **Tarea:** representa el tercer nivel. Cada tarea se compone de actividades.
- **Codificación:** los capítulos, subcapítulos y tareas siguen la siguiente codificación (ver Figura 3):
 - Capítulos (Nivel 1): dos caracteres + siete ceros
 - Subcapítulos (Nivel 2): dos caracteres (del capítulo) + tres caracteres + dos ceros
 - Tareas (Nivel 3): dos caracteres (del capítulo) + tres caracteres (del subcapítulo) + dos caracteres

Figura 3. Codificación capítulos, subcapítulos y tareas



Fuente: documentación TICON

Por ejemplo, tomando como referencia la Figura 2, el nombre y código del capítulo es "COSTOS DIRECTOS PROYECTO (0200000)"; el subcapítulo corresponde a "ACOMETIDA GENERAL EN MT 13,2 KV (0201000)" y la tarea a "URBANISMO M.T – INFRAESTRUCTURA Y REDES".

- **Actividad:** es todo aquel movimiento en obra que presupone un consumo de recursos de cualquier grupo y clase. Por lo tanto, produce la generación de un costo

- **Objeto:** son sitios específicos de la obra como: tipo de apartamento, urbanismo, parqueadero, etc. El objeto en el costo indirecto tiene implicaciones organizacionales⁷.

- **Análisis Unitario APU⁸:** es la descripción detallada de los recursos de cualquier clase, necesarios para desarrollar una (1) unidad de actividad. Es conveniente que cada actividad incluida en un presupuesto tenga su análisis unitario (ver Figura 4).

Figura 4. Análisis unitario de la actividad “Salida luminaria 40W”

35004 SALIDAS EDIFICIO SOCIAL 1										14.475.614,78	3.960.253,25	61.009,00	0,00	0,00	18.496.877,03
3120	SALIDA LUMINARIA 40W	ZCOM1	37.0000	1.0000	68.553,17	1.665.071,34	848.752,25	22.644,00	0,00	0,00	2.536.467,58	5.4.01			
3121	LUMINARIA 40W	ZCOM1	37.0000	1.0000	113.127,35	3.647.361,17	538.351,11	0,00	0,00	0,00	4.185.712,28	5.4.02			
3812	SALIDA PANEL LED REDONDO 24"	ZCOM	15.0000	1.0000	68.553,17	675.028,93	344.088,75	9.180,00	0,00	0,00	1.028.297,68	5.4.03			
3812	SALIDA PANEL LED REDONDO 24"	GB	2.0000	1.0000	68.553,18	90.003,86	45.878,50	1.224,00	0,00	0,00	137.106,36	5.4.04			
258	BALA LED 24W	ZCOM1	17.0000	1.0000	55.469,71	695.634,71	247.350,51	0,00	0,00	0,00	942.985,22	5.4.05			
1735	SALIDA PANEL LED REDONDO 18"	ZCOM	2.0000	1.0000	68.553,18	90.003,86	45.878,50	1.224,00	0,00	0,00	137.106,36	5.4.06			
202	BALA LED TIPO PANEL 18W	ZCOM1	2.0000	1.0000	54.240,94	79.381,82	29.100,06	0,00	0,00	0,00	108.481,88	5.4.07			
4636	SALIDA LUMINARIA CENIT 28W	ZCOM1	8.0000	1.0000	68.553,17	360.015,43	183.514,00	4.896,00	0,00	0,00	548.425,43	5.4.08			
2990	LUMINARIA CENIT 32W	ZCOM1	8.0000	1.0000	509.801,93	3.962.015,27	116.400,24	0,00	0,00	0,00	4.078.415,51	5.4.09			
965	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CA	ZCOM1	2.0000	1.0000	70.356,24	93.609,98	45.878,50	1.224,00	0,00	0,00	140.712,48	5.4.10			
547	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CA	ZCOM1	3.0000	1.0000	70.356,24	140.414,98	68.817,75	1.836,00	0,00	0,00	211.068,73	5.4.11			

Tarea:	0205004	Actividad:	3120 - SALIDA LUMINARIA 40W UN	Obj:	ZCOM1
COSTOS UNITARIOS MT: 45.001,92 MO: 22.939,25 ME: 612,00 SC: 0,00 OT: 0,00 TOT: 68.553,17					
COSTOS OBJETO MT: 1.665.071,33 MO: 848.752,25 ME: 22.644,00 SC: 0,00 OT: 0,00 TOT: 2.536.467,58					
COSTOS TOTAL MT: 1.665.071,33 MO: 848.752,25 ME: 22.644,00 SC: 0,00 OT: 0,00 TOT: 2.536.467,58					

Codigo	Nombre	Uní	CL	Valor Uni.	Can APU	% Desp.	% Rend.	Afe	Total APU	Can * Obj	Tot * Obj
100	CABLE CU HF FRLS #12 AWG	ML	MT	1.782,92	18.0000	4,00	0,0000	NO	33.376,26	692.6400	1.234.921,70
382	TUBO CONDUIT PVC 3/4 T.P.	ML	MT	1.590,00	4.0000	1,00	0,0000	NO	6.423,60	149.4800	237.673,20
751	INTERRUPTOR SENCILLO GALICA 2-GL2-010B	UN	MT	3.108,98	0.3400	0,00	0,0000	NO	1.057,05	12.5800	39.110,96
1671	CINTA AISLANTE 20MTS NEGRA	UN	MT	3.919,88	0.0300	0,00	0,0000	NO	117,59	1.1100	4.351,06
1853	ADAPTADOR TERMINAL PVC 3/4	UN	MT	255,46	2.0000	0,00	0,0000	NO	510,92	74.0000	18.904,04
1899	CAJA RECTANGULAR PVC	UN	MT	942,34	0.3400	0,00	0,0000	NO	320,39	12.5800	11.854,63
1901	CAJA OCTAGONAL PVC DE COLOR	UN	MT	1.019,72	1.0000	0,00	0,0000	NO	1.019,72	37.0000	37.729,64
3839	CONECTOR DE RESORTE 18-8AWG (ROJO-AMARILLO)	UN	MT	580,88	2.0000	0,00	0,0000	NO	1.161,76	74.0000	42.965,12

Fuente: plataforma TICON

- **Factor repetición:** valor que indica cuántas veces se repite cada objeto en un presupuesto. Por ejemplo, observando la Figura 2, si el objeto S/E tiene un factor de repetición de 10, quiere decir que el costo de cada actividad del presupuesto que se relacione con dicho objeto va a ser multiplicado por 10.

- **Valor material:** hace referencia al valor de cada material en la actividad correspondiente.

⁷ TICON. Presupuesto paso a paso. Bucaramanga: TICON., 2017. p. 18

⁸ TICON Software. [Sitio Web]. Bucaramanga: TICON. [Consulta: 28 de enero 2023]. Disponible en: <https://www.ticon.com.co/zona-clientes/documentacion>

- **Valor mano de obra:** suma del salario requerido para hacer una (1) unidad de actividad.
- **Valor mantenimiento equipos:** corresponde a un rubro que puede ser agregado en los contratos de mantenimiento.
- **Valor sub-contratistas:** representa el costo de la actividad cuando es realizada por un tercero.
- **Otros:** espacio para almacenar otros tipos de costos que no se clasifican dentro de las categorías anteriormente mencionadas.
- **Documento de cantidades y especificaciones técnicas:** al finalizar la etapa de diseño y consultoría de un proyecto, el departamento de diseño genera un documento de cantidades de obra, acompañado de las especificaciones técnicas que cada actividad requiera. Dicho documento es enviado al departamento de presupuestos como apoyo para generar precios, costos directos e indirectos y análisis unitarios (ver Figura 5 y Figura 6).

Figura 5. Documento cantidades proyecto Aquaris Marval

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	
			VIVIENDA	URBANISMO
URBANISMO - PROYECTO				
1 ACOMETIDA GENERAL EN MT 13,2 KV				
1.1 ACOMETIDA M.T. 13,2 KV PROYECTO				
1.1.01	ESTRUCTURA DERIVACIÓN 15KV	UN		1
1.1.02	PUESTA A TIERRA DERIVACIÓN SUBT	UN		1
1.1.03	TERMINAL PREMOLDEADO TIPO EXT 15 KV NO. 2-1/0	JGO		1
1.1.04	BAJANTE GALV. 3"X6 M	UN		1
1.1.05	CUADRILLA LINEA VIVA	HR		1
1.1.06	RED AL XLPE 3 # 2 AWG 15 KV 100%	ML		226
1.1.07	CAJA DE INSP. MT TIPO I EMCALI PEA	UN		2
1.1.08	CAJA DE INSP. MT TIPO I EMCALI VEH	UN		6
1.1.09	CANALIZACION DUCTO 2Ø3" TDP	ML		191
1.1.10	ADAPTADORES	UN		1
2 SUBESTACIONES ELECTRICAS				
2.1 SUBESTACIÓN 1 TRIFÁSICA 630KVA				
2.1.01	S/E 3F PAD MOUNTED MALLA 500KVA 13200/208-120 V	UN		1
2.1.02	DPS TIPO CODO 15kV-10KA	JG		1
2.1.03	TABLERO GENERAL TGBT1	UN		1
2.1.04	TABLERO GENERAL ACOMETIDAS TGA1	UN		1
2.1.05	TABLERO MEDIDA SC CON TRANSFERENCIA	UN		1
2.1.06	MEDIDOR SEMIDIRECTA NORMA EMCALI	UN		1
2.1.07	TABLERO AREAS COMUNES TAC1	UN		1
2.1.08	GABINETE TRANSF. AUT. BCI CON MEDIDA (150A) TRBCI1	UN		1
2.1.09	MEDIDOR SEMIDIRECTA NORMA EMCALI	UN		1
2.1.10	CONEXIÓN PLANTA DE EMERGENCIA	GLB		1
2.1.11	RED CU-THHN (3#14) Control Planta	ML		10

Fuente: A.M.V SAS

Figura 6. Documento cantidades (Sección de especificaciones técnicas) proyecto Aquaris Marval

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
		ESPECIFICACIONES
URBANISMO - PROYECTO		
1 ACOMETIDA GENERAL EN MT 13,2 KV		
1.1 ACOMETIDA M.T. 13,2 KV PROYECTO		
1.1.01	ESTRUCTURA DERIVACIÓN 15KV	Los trabajos comprenden suministro e instalacion de: - Suministro de la herrajería para la conexión en caliente de la subestación EMCALI - Suministro de crucetas metálicas - 3 DPSs de 15 KV, 10kA - 3 cortacircuitos de 27kV, 200A, con cámara apaga chispas - 3 hilo fusibles de 65 A tipo H. - 9 m de cable en Cu # 2 AWG - Sistema de Puesta a tierra (varilla y conector) - Amarres de cinta Bandit y Hebilla Bandit de 5/8" - Herramienta y equipo - Equipo de canasta aislada - Cuadrilla Redes Eléctricas - Accesorios

Fuente: A.M.V SAS

2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PLUGIN REVIT-TICON

El eje principal de esta práctica profesional estuvo orientado por la construcción de una herramienta que agiliza la creación de la estructura presupuestal en la compañía, teniendo como base las diferentes partes que conforman un presupuesto y las herramientas que ofrece la metodología BIM.

Por consiguiente, para la correcta integración del *plugin* de Revit en los diferentes procesos involucrados, desde la creación de un diseño hasta la generación de su presupuesto, se desarrolla una metodología organizada por etapas, como se muestra en la Figura 7. La primera, incluye el mejoramiento del *plugin* mediante actualizaciones que se adapten al conteo de cantidades en la especialidad eléctrica. La segunda, consiste en la realización de pruebas con proyectos presupuestados para realizar comparaciones en el conteo del *plugin* versus la versión manual. En la tercera, se ejecuta el diseño de un proyecto nuevo para ser valorado con la última versión de la herramienta presupuestal. Por último, en la cuarta etapa se realiza la parametrización del modelo eléctrico creado en la etapa anterior y se genera el presupuesto en la plataforma TICON.

Figura 7. Diagrama Metodología para el desarrollo del proyecto



Fuente: elaboración propia.

2.1 ETAPA DE ADECUACIÓN DEL *PLUGIN* A LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA

En la Figura 8 se describen las diferentes actividades que se realizaron en la primera etapa.

Figura 8. Actividades Etapa 1



Fuente: elaboración propia

Inicialmente se realizó una contextualización a los integrantes del proyecto, tanto de la compañía A.M.V SAS como de TICON, respecto a las actividades que se llevan a cabo al presupuestar un diseño eléctrico; teniendo como punto de partida que el *plugin* solo había sido probado en diseños BIM arquitectónicos y estructurales. A partir de lo anterior, se propuso realizar un presupuesto de manera manual, como se venía haciendo regularmente, con el fin de identificar los procesos que podrían ser automatizados mediante las herramientas que ofrece Revit por medio del *plugin*.

Posteriormente, teniendo identificada cada tarea realizada en el proceso, la empresa A.M.V SAS elaboró una lista de alcances esperados respecto a las funcionalidades del *plugin*, para ser trabajadas junto a la compañía TICON. Finalmente, teniendo como referencia las peticiones elaboradas, TICON

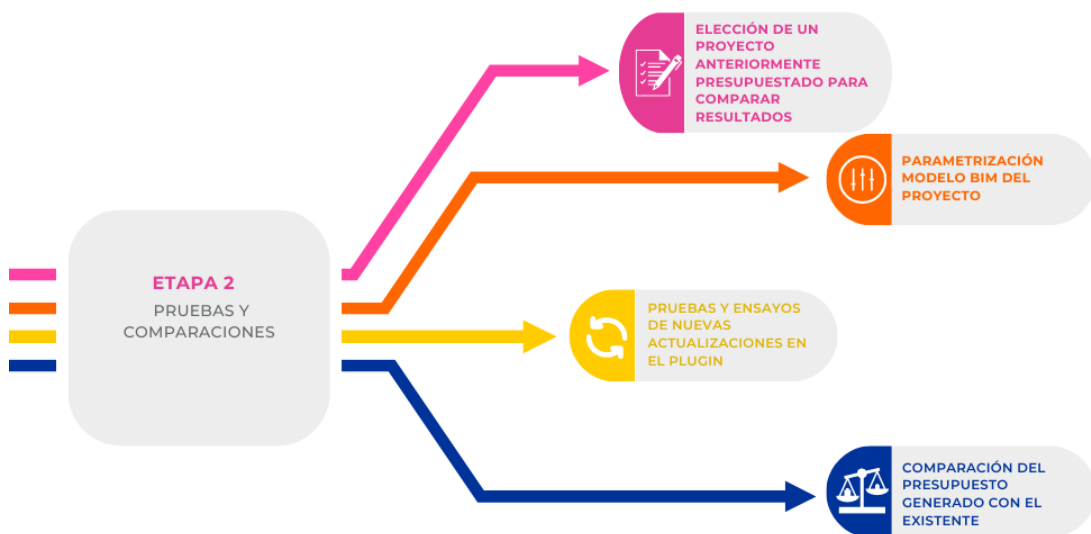
socializó las funcionalidades en las que iba a intervenir y las limitaciones que tendría el *plugin*, debido al tiempo de duración del proyecto.

2.2 ETAPA DE PRUEBAS Y COMPARACIONES

Como se observa en la Figura 9, en esta etapa se eligió un proyecto cuyo presupuesto ya estuviese realizado, a fin de compararlo con los resultados que arrojó el *plugin* de Revit. Al seleccionar el proyecto, se comenzó a parametrizar el modelo BIM con la respectiva codificación que maneja la estructura de presupuestos en la plataforma TICON, descrita previamente en el Subcapítulo 2.5.1. A la par, mientras se codificaba el diseño, se realizaron pruebas de las diferentes funcionalidades que tenía el *plugin*, al igual que las respectivas mejoras que se iban agregando.

Al tener parametrizadas varias etapas del proyecto, se realizó una comparación entre el presupuesto existente versus el generado por el *plugin*, para verificar si existía una gran diferencia en el cálculo de las cantidades. Al final de esta etapa se construyeron nuevas mejoras que facilitaban el registro de cada código de la estructura del presupuesto en los elementos del modelo eléctrico.

Figura 9. Actividades Etapa 2.

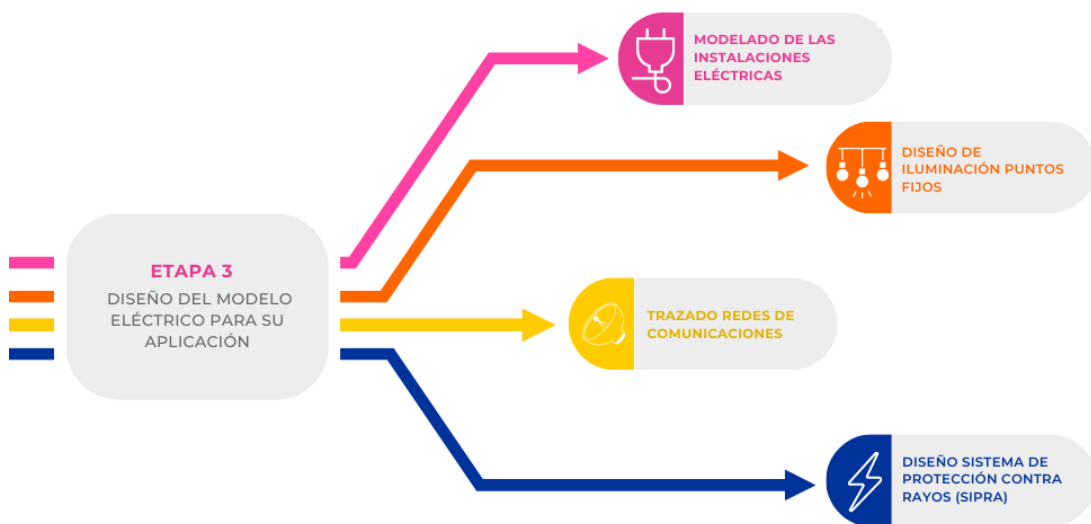


Fuente: elaboración propia

2.3 DISEÑO DEL MODELO ELÉCTRICO PARA SU APLICACIÓN

De acuerdo con la Figura 10, en esta etapa se desarrolló el modelado eléctrico en Revit del proyecto que fue utilizado con la última versión del *plugin*, teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Adicionalmente, se realizaron los respectivos cálculos de iluminación en las zonas comunes, cumpliendo con los niveles de iluminación exigidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP. Finalmente, la Norma Técnica Colombiana NTC 4552 sirvió de base para el diseño del sistema de protección contra rayos.

Figura 10. Actividades Etapa 3



Fuente: elaboración propia

2.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL

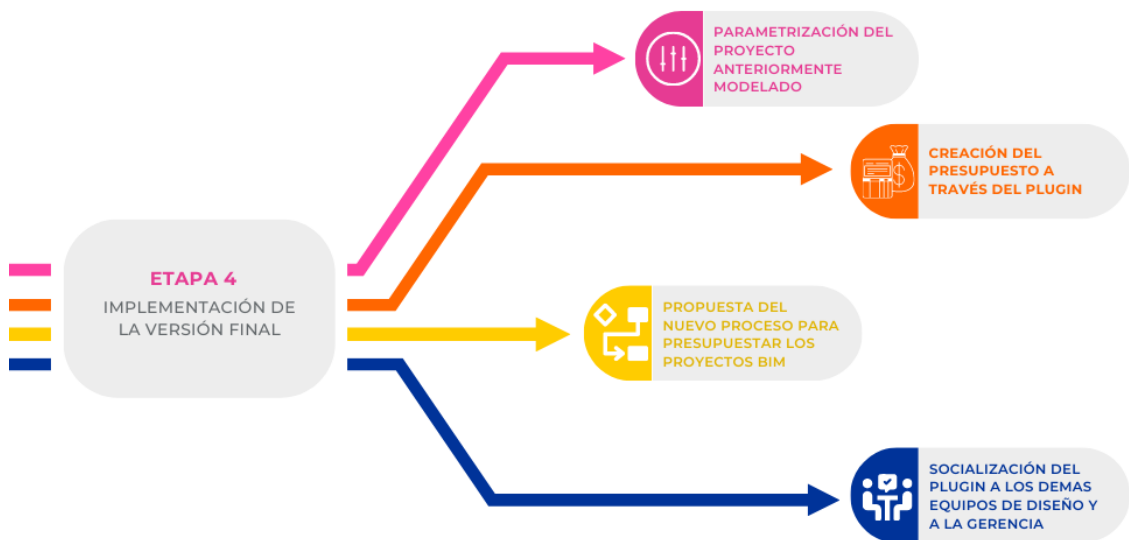
En la etapa final que ilustra la Figura 11, se evidencia que después de modelar la totalidad del proyecto, se llevó a cabo la parametrización del diseño con las facilidades que ofrece la nueva versión del *plugin*, para generar posteriormente el presupuesto y ser subido a la plataforma TICON.

En consecuencia, se realizó un diagrama de flujo que establece el nuevo modelo de proceso que llevará a cabo la compañía para presupuestar los diseños en metodología BIM, con el fin de definir las actividades que no pueden

ser intervenidas por el *plugin* y deben ser ejecutadas directamente por el departamento de presupuestos. En definitiva, se socializó el *plugin* completo para que las otras disciplinas de diseño que ofrece A.M.V SAS (climatización y detección de incendios) puedan aplicar esta metodología al calcular sus respectivos presupuestos.

Por último, se realizó una presentación al Departamento de Gerencia de los resultados obtenidos durante la práctica empresarial, dando a conocer los alcances y las limitantes que se encontraron en el desarrollo del proyecto.

Figura 11. Actividades Etapa 4



Fuente: elaboración propia

3. RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN DEL PLUGIN REVIT-TICON

3.1 ADECUACIÓN DEL *PLUGIN* A LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA

El proceso convencional utilizado en la empresa para los proyectos en metodología BIM, inicia exportando a dos dimensiones el diseño 3D para su entrega. El Departamento de Presupuestos lleva a cabo la medida de cantidades sobre los modelos 2D, apoyándose del documento de especificaciones técnicas realizado por el Departamento de Diseño y descrito en el Subcapítulo 2.5.1.

Posteriormente, el equipo de presupuestos realiza el cálculo de los promedios de cableado y tubería por salida eléctrica, cuyos valores se registran en los APU de la actividad correspondiente, como se observa en la Figura 12. Al registrar las cantidades exactas de cada material para la etapa constructiva del proyecto, se revisan los precios de cada actividad y se procede a elaborar la estructura del presupuesto en la plataforma TICON.

Figura 12. Registro de los valores APU en la plataforma TICON

0204004 SALIDAS APARTAMENTOS				777.236.355,57	331		
+	976	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CA	APTOS	3672,00(1.0000)	73.272,97	187.537.823,72	80.780
	231	SALIDA BALA 12W	APTOS	612,00(1.0000)	80.119,03	35.466.291,42	13.460
	232	BALA LED 12W	APTOS	612,00(1.0000)	31.697,57	11.451.278,88	7.940
	186	SALIDA TOMA CAL N° 12	APTOS	6102,00(1.0000)	70.646,28	295.615.716,31	134.240
	188	SALIDA TOMA GFCI	APTOS	1224,00(1.0000)	95.737,05	90.008.644,17	26.920
	200	SALIDA EXTRACTOR	APTOS	612,00(1.0000)	26.167,87	8.773.994,30	7.110
	220	SALIDA TOMA CAL N° 12	APTOS	612,00(1.0000)	70.646,28	29.648.773,90	13.460
	3612	SALIDA TOMA 2F.CAL N° 8	APTOS	6.000(1.0000)	281.651,64	1.556.706,36	130

Tarea:	0204004	Actividad:	231 - SALIDA BALA 12W UN		
COSTOS UNITARIOS	MT: 57.951,45	MO: 22.000,58	ME: 167,00 SC: 0,00 OT: 0,00 TOT: 80.119,03		
COSTOS OBJETO	MT: 35.466.291,42	MO: 13.464.354,96	ME: 102.204,00 SC: 0,00 OT: 0,00 TOT: 49.032.85		
COSTOS TOTAL	MT: 35.466.291,42	MO: 13.464.354,96	ME: 102.204,00 SC: 0,00 OT: 0,00 TOT: 49.032.85		
Codigo	Nombre	Uni	CL	Valor Uni.	Can APU
3	ALAMBRE COBRE AISLADO NO. 12 AWG	ML	MT	1.923,00	9.8000
10	ALAMBRE COBRE DESNUDO 12 AWG	ML	MT	1.986,00	4.9000
416	TUBO PVC SCH 40 1/2	ML	MT	3.731,00	4.0000
751	INTERRUPTOR SENCILLO GALICA 2-GL2-010B	UN	MT	3.340,00	0.6120
752	INTERRUPTOR DOBLE GALICA 2-GL2-101B	UN	MT	4.907,56	0.1180
1671	CINTA AISLANTE 20MTS NEGRA	UN	MT	5.665,00	0.0500

Fuente: plataforma TICON

Al precisar la contextualización del proceso ejecutado por la compañía, se tomó como referencia el proyecto Lyon 2 para realizar de forma convencional el respectivo cálculo de cantidades y promedios, con el fin de identificar las actividades que podrían ser optimizadas. En la Figura 13 se muestra el modelo 2D de un apartamento tipo del proyecto Lyon 2, utilizado para las respectivas mediciones.

Figura 13. Apartamento tipo proyecto Lyon 2



Fuente: A.M.V. SAS

Luego de identificar cada actividad en el proceso, se redactó un documento

listando los alcances deseados para la funcionalidad del *plugin*, los cuales abordaron las siguientes características:

- Calcular los promedios de cada salida eléctrica
- Facilitar la parametrización de los modelos en Revit
- Generar el presupuesto por sectores
- Multiplicar cantidades por el número de apartamentos y torres dependiendo del proyecto
- Asignar más de una actividad del presupuesto a un elemento del modelo. Por ejemplo, en el caso de las luminarias es necesario asignar dos actividades: (i) salida luminaria y (ii) suministro de la luminaria.
- Exportar las cantidades generadas por el *plugin* a un formato de Excel, a fin de agilizar la creación del documento de cantidades y especificaciones técnicas.

Luego de analizar cada característica del listado en conjunto con la empresa TICON, se identificó como limitante la medida del cableado desde el modelo 3D. Lo anterior, debido a la inexistencia de un elemento que permita medir su longitud, como es el caso de la tubería eléctrica. Además, debido a que los promedios de cada salida eléctrica se encuentran en el apartado de los análisis unitarios, el *plugin* no tiene comunicación con esta parte del presupuesto; por tanto, esta cantidad no se puede incluir automáticamente. Posterior a ese análisis, se evidenció la viabilidad de dar cumplimiento a los demás alcances solicitados por la compañía.

3.2 PRUEBAS Y COMPARACIONES

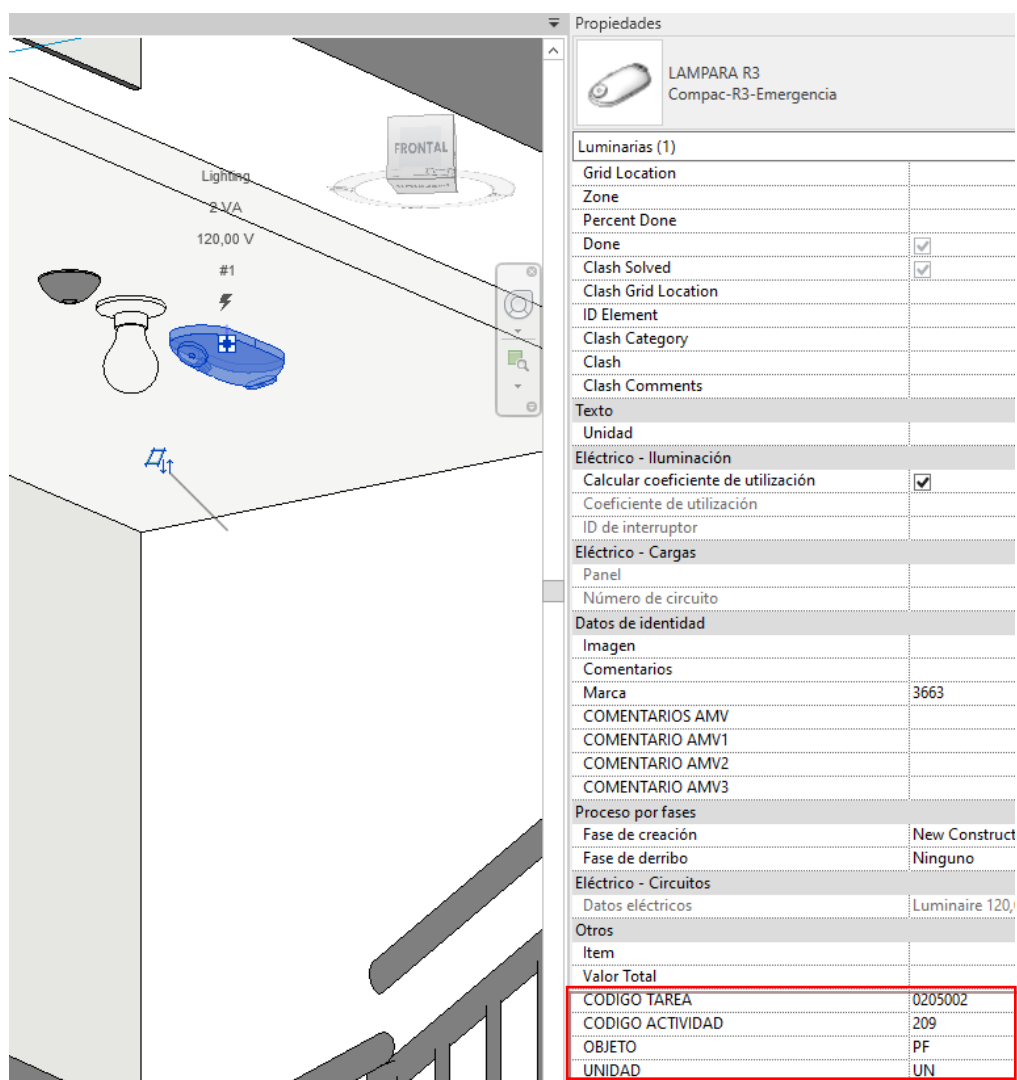
Con el fin de comparar los resultados que arrojaba el *plugin* y utilizar las nuevas mejoras que se iban implementando, se eligió un proyecto llamado Aquaris de la ciudad de Cali, cuyo presupuesto ya se encontraba completo.

Para que el *plugin* reconociera los elementos del modelo, era necesario registrar tres parámetros: (i) código de tarea, (ii) código de actividad y (iii) código de objeto. Estos códigos hacen parte de la estructura del presupuesto

como se visualiza en la Figura 2; asimismo, con estos tres valores el *plugin* identifica el orden de las actividades y a qué capítulo corresponden.

En la zona inferior derecha de la Figura 14 (apartado Otros – recuadro rojo), se observa la introducción de los códigos en el proyecto de Revit. El título de estos parámetros debe quedar registrado exactamente igual en el apartado Configuración del *plugin* (ver Figura 15), para que este reconozca el lugar donde se están registrando los valores de la estructura presupuestal.

Figura 14. Parametrización modelo Revit del proyecto Aquaris



Fuente: A.M.V. SAS

Figura 15. Apartado configuración del *plugin*

Configuración Ti&Con	
Ingrese los nombres de los parámetros utilizados en el modelo para las siguientes propiedades:	
Código Actividad	<input type="text" value="CODIGO ACTIVIDAD"/>
Nombre Actividad	<input type="text"/>
Código Tarea	<input type="text" value="CODIGO TAREA"/>
Nombre Tarea	<input type="text"/>
Código Objeto	<input type="text" value="OBJETO"/>
Nombre Objeto	<input type="text"/>
Unidad	<input type="text" value="UNIDAD"/>
Cantidad Manual	<input type="text"/>

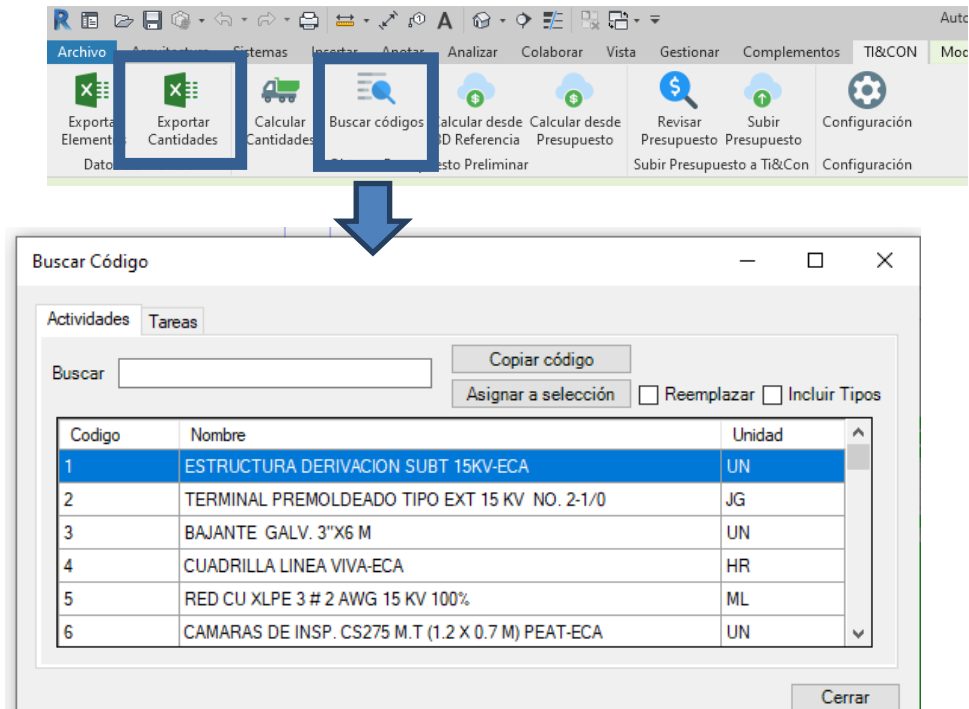
Parámetros

Fuente: *plugin* TICON

A medida que se parametrizaba el proyecto Aquaris se agregó un buscador de códigos en la herramienta del *plugin*, el cual permitía agilizar el proceso de búsqueda en la base de datos de la plataforma TICON, y a su vez, los asignaba a los elementos que se iban seleccionando.

Además, se incluyó la opción de exportar las cantidades calculadas a un formato de Excel, como soporte en la elaboración del archivo de especificaciones técnicas. En la Figura 16 se observa la interfaz del buscador y el apartado para exportar el archivo de Excel (esquina superior izquierda).

Figura 16. Interfaz buscador de códigos del *plugin*



Fuente: *plugin* TICON

Posteriormente, se identificó que el parámetro “Objeto” cambia al mismo tiempo que el parámetro “Tarea”. A modo de ejemplo, tendiendo como referencia la Figura 2, para la tarea llamada “URBANISMO M.T – INFRAESTRUCTURA Y REDES” el nombre del objeto es “MT”, mientras que para “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 1” el del objeto cambia a “SE”.

En consecuencia, el código de “Objeto” se enlazó al código de “Tarea”, con el fin de ser identificado por el *plugin* sin necesidad de registrarlo en el modelo, lo cual hizo más sencilla la parametrización, en tanto no era posible introducir automáticamente este valor desde el buscador de códigos anteriormente mencionado. La Figura 17 señala un ejemplo de la codificación en Revit con la nueva funcionalidad.

Figura 17. Parametrización en Revit con las nuevas funcionalidades

CODIGO TAREA	0203001
CODIGO ACTIV...	940,4490
OBJETO	

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con lo acordado en la lista de alcances esperados, se dio cumplimiento a la característica de registrar varias actividades del presupuesto en un solo elemento del modelo en Revit, como se observa en la Figura 17. Lo anterior, dio lugar a la posibilidad de agregar varias actividades según las necesidades del proyecto.

Al completar la parametrización en varias partes del proyecto, se procedió a comparar el presupuesto que calculaba el *plugin* contra el presupuesto existente. De este modo, fue comparado un apartamento tipo (Figura 18 y Tabla 1), los puntos fijos de la Torre 1 del proyecto (Figura 19 y Tabla 2), la zona de tableros de medidores (Figura 20 y Tabla 3), y por último, las acometidas de los apartamentos (Figura 21 y Tabla 4).

Figura 18. Presupuesto *plugin* apartamento tipo proyecto Aquaris

Codigo	Nombre	Objeto	Unidad	Factor Repetición	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
0210002	TABLEROS APARTAMENTOS						
3046	SONDEO SALIDAS APARTAMENTOS	APTOS	UN	1	1	\$ 36.994,11	\$ 36.994,11
500	TABLERO 2F 8 PTOS TIPO RIEL S/T	APTOS	UN	1	1	\$ 163.234,09	\$ 163.234,09
0210003	SALIDAS APARTAMENTOS						
1208	SALIDA INTERRUPTOR SENCILLO	APTOS	UN	1	8	\$ 0,00	\$ 0,00
1209	SALIDA INTERRUPTOR DOBLE	APTOS	UN	1	2	\$ 0,00	\$ 0,00
200	SALIDA EXTRACTOR	APTOS	UN	1	1	\$ 56.861,48	\$ 56.861,48
246	SALIDA TELEFONO SD	APTOS	UN	1	1	\$ 49.892,41	\$ 49.892,41
2489	SALIDA PLAFON LUZ CONM CAL N° 14	APTOS	UN	1	12	\$ 52.589,83	\$ 631.077,93
707	SALIDA TOMA CAL N° 14	APTOS	UN	1	9	\$ 50.170,00	\$ 451.529,96
708	SALIDA TOMA CAL N° 12	APTOS	UN	1	5	\$ 63.983,44	\$ 319.917,19
717	SALIDA TIMBRE	APTOS	UN	1	1	\$ 54.785,05	\$ 54.785,05
741	SALIDA LUMINARIA TIPO TORTUGA CAL N°14	APTOS	UN	1	1	\$ 64.594,21	\$ 64.594,21
742	LUMINARIA TIPO TORTUGA	APTOS	UN	1	1	\$ 43.768,75	\$ 43.768,75
748	SALIDA TOMA GFCI	APTOS	UN	1	2	\$ 88.592,93	\$ 177.185,87
750	SALIDA TELEVISION SD	APTOS	UN	1	2	\$ 49.276,85	\$ 98.553,69

Fuente: *plugin* TICON

Tabla 1. Presupuesto guía apartamento tipo proyecto Aquaris

TABLEROS APARTAMENTOS	3046	SONDEO SALIDAS APARTAMENTOS	UN	APTOS	1	\$36.994
TABLEROS APARTAMENTOS	500	TABLERO 2F 8 PTOS TIPO RIEL S/T	UN	APTOS	1	\$163.234
SALIDAS APARTAMENTOS	1208	SALIDA INTERRUPTOR SENCILLO	UN	APTOS	8	\$ -

SALIDAS APARTAMENTOS	1209	SALIDA INTERRUPTOR DOBLE	UN	APTOS	2	\$ -
SALIDAS APARTAMENTOS	200	SALIDA EXTRACTOR	UN	APTOS	1	\$56.861
SALIDAS APARTAMENTOS	246	SALIDA TELEFONO SD	UN	APTOS	1	\$49.892
SALIDAS APARTAMENTOS	976	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12	UN	APTOS	12	\$66.397
SALIDAS APARTAMENTOS	707	SALIDA TOMA CAL N° 14	UN	APTOS	9	\$50.170
SALIDAS APARTAMENTOS	708	SALIDA TOMA CAL N° 12	UN	APTOS	5	\$63.983
SALIDAS APARTAMENTOS	717	SALIDA TIMBRE	UN	APTOS	1	\$54.785
SALIDAS APARTAMENTOS	741	SALIDA LUMINARIA TIPO TORTUGA CAL N°14	UN	APTOS	1	\$64.594
SALIDAS APARTAMENTOS	742	LUMINARIA TIPO TORTUGA	UN	APTOS	1	\$43.769
SALIDAS APARTAMENTOS	748	SALIDA TOMA GFCI	UN	APTOS	2	\$88.593
SALIDAS APARTAMENTOS	750	SALIDA TELEVISION SD	UN	APTOS	2	\$49.277

Fuente: Plataforma TICON

Figura 19. Presupuesto *plugin* puntos fijos proyecto Aquaris

Codigo	Nombre	Objeto	Unidad	Factor Repetición	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
0211001	PUNTOS FIJOS (PASILLOS)						
205	SALIDA SENSOR 360°	PAS	UN	1	33	\$ 63.624,21	\$ 2.099.598,98
207	SALIDA LAMPARA DE EMERGENCIA	PAS	UN	1	22	\$ 66.919,47	\$ 1.472.228,36
209	SALIDA LAMPARA DE EMERGENCIA (LSOH)	PAS	UN	1	6	\$ 79.337,35	\$ 476.024,08
210	LUMINARIA DE EMERGENCIA	PAS	UN	1	29	\$ 78.209,16	\$ 2.268.065,64
261	SALIDA SENSOR 360° LSOH	PAS	UN	1	5	\$ 66.580,85	\$ 332.904,24
2703	SUMINISTRO E INSTALACIÓN BOMBILLO	PAS	UN	1	40	\$ 14.412,83	\$ 576.513,20
707	SALIDA TOMA CAL N° 14	PAS	UN	1	4	\$ 68.161,76	\$ 272.647,02
742	LUMINARIA TIPO TORTUGA	PAS	UN	1	1	\$ 43.768,75	\$ 43.768,75
948	SALIDA LÁMPARA TORTUGA CAL N°12 LSOH	PAS	UN	1	1	\$ 53.464,48	\$ 53.464,48
965	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12 LSOH	PAS	UN	1	7	\$ 62.954,79	\$ 440.683,55
976	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12	PAS	UN	1	33	\$ 55.267,54	\$ 1.823.828,74
0211002	PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)						
206	SALIDA SENSOR 360° (LSOH)	ESC	UN	1	25	\$ 66.615,04	\$ 1.665.375,96
262	SALIDA LAMPARA DE EMERGENCIA LSOH	ESC	UN	1	25	\$ 53.458,21	\$ 1.336.455,33
263	LAMPARA DE EMERGENCIA	ESC	UN	1	25	\$ 78.264,36	\$ 1.956.609,12
2703	SUMINISTRO E INSTALACIÓN BOMBILLO	ESC	UN	1	25	\$ 27.466,73	\$ 686.668,25
4694	CAJA METALICA 20X20X15CM	ESC	UN	1	1	\$ 158.317,37	\$ 158.317,37
976	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12	ESC	UN	1	25	\$ 55.835,23	\$ 1.395.880,71

Fuente: *plugin* TICON

Tabla 2. Presupuesto guía puntos fijos proyecto Aquaris

PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	205	SALIDA SENSOR 360°	UN	PAS	33	\$63.624
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	207	SALIDA LAMPARA DE EMERGENCIA	UN	PAS	22	\$66.919
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	209	SALIDA LAMPARA DE EMERGENCIA (LSOH)	UN	PAS	6	\$79.337
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	210	LUMINARIA DE EMERGENCIA	UN	PAS	29	\$78.209
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	261	SALIDA SENSOR 360° LSOH	UN	PAS	5	\$66.581
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	2703	SUMINISTRO E INSTALACIÓN BOMBILLO	UN	PAS	40	\$14.413
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	707	SALIDA TOMA CAL N° 14	UN	PAS	4	\$68.162
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	742	LUMINARIA TIPO TORTUGA	UN	PAS	1	\$43.769
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	948	SALIDA LÁMPARA TORTUGA CAL N°12 LSOH	UN	PAS	1	\$53.464
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	965	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12 LSOH	UN	PAS	7	\$62.955
PUNTOS FIJOS (PASILLOS)	976	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12	UN	PAS	33	\$55.268
PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)	206	SALIDA SENSOR 360° (LSOH)	UN	ESC	25	\$66.615
PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)	262	SALIDA LAMPARA DE EMERGENCIA LSOH	UN	ESC	25	\$53.458
PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)	263	LAMPARA DE EMERGENCIA	UN	ESC	25	\$78.264
PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)	2703	SUMINISTRO E INSTALACIÓN BOMBILLO	UN	ESC	25	\$27.467
PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)	4694	CAJA METALICA 20X20X15CM	UN	ESC	1	\$158.317
PUNTOS FIJOS (ESCALERAS)	976	SALIDA PLAFON LUZ NORMAL CAL N° 12	UN	ESC	25	\$55.835

Fuente: Plataforma TICON

Figura 20. Presupuesto *plugin* tableros de medidores proyecto Aquaris

Key	Codigo	Nombre	Objeto	Unidad	Factor Repetición	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
	0209001	TABLEROS DE CONTADORES						
0209001-697-CONT	697	PUESTA A TIERRA GABINETE MEDIDORES	CONT	UN	1	13	\$ 174.653,49	\$ 2.270.495,42
0209001-707-CONT	707	SALIDA TOMA CAL N° 14	CONT	UN	1	2	\$ 68.161,76	\$ 136.323,52
0209001-781-CONT	781	CAMARA INSPECCION TIERRAS	CONT	UN	1	13	\$ 163.974,52	\$ 2.131.668,81
0209001-899-CONT	899	GABINETE MEDIDORES 3F 12 CUENTAS	CONT	UN	1	50	\$ 4.928.982,15	\$ 246.449.107,54

Fuente: *plugin* TICON

Tabla 3. Presupuesto guía tableros de medidores proyecto Aquaris

TABLEROS DE CONTADORES	697	PUESTA A TIERRA GABINETE MEDIDORES	UN	CONT	13	\$	174.653
TABLEROS DE CONTADORES	707	SALIDA TOMA CAL N°14	UN	CONT	2	\$	68.162
TABLEROS DE CONTADORES	781	CAMARA INSPECCION TIERRAS	UN	CONT	13	\$	163.975
TABLEROS DE CONTADORES	899	GABINETE MEDIDORES 3F 12 CUENTAS	UN	CONT	50	\$	4.928.982

Fuente: Plataforma TICON

Figura 21. Presupuesto *plugin* acometidas apartamentos proyecto Aquaris

Codigo	Nombre	Objeto	Unidad	Factor Repetición	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
0210001	ACOMETIDAS APARTAMENTOS						
508	TUBO PVC SCH40 1Ø1"	APTOS	ML	1	341,1773	\$ 7.230,88	\$ 2.467.011,35
511	TUBO PVC 1Ø1" TP	APTOS	ML	1	1539,563	\$ 5.213,21	\$ 8.026.068,74

Fuente: *plugin* TICON**Tabla 4.** Presupuesto guía acometidas apartamentos proyecto Aquaris

ACOMETIDAS APARTAMENTOS	508	TUBO PVC SCH40 1Ø1"	ML	APTOS	344	\$7.231
ACOMETIDAS APARTAMENTOS	511	TUBO PVC 1Ø1" TP	ML	APTOS	1543	\$5.213

Fuente: Plataforma TICON

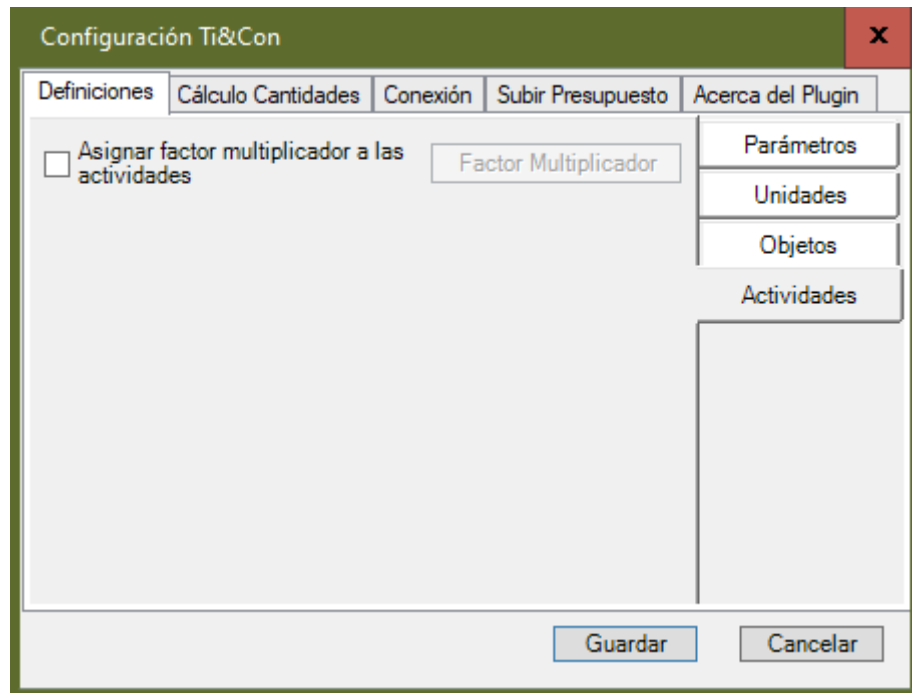
Cabe resaltar que, el *plugin* ofrece la posibilidad de calcular los costos de cada actividad desde la base de datos de referencia del software TICON o tomando los precios de un presupuesto existente en la plataforma.

Al observar los resultados se reconoce que hay una leve diferencia en las actividades referentes a la tubería, debido a que el *plugin* mide cantidades exactas del modelo en contraste con el cálculo manual, el cual contempla distancias extras que se llegan a utilizar en la construcción del proyecto.

Por esta razón, se incluye en el *plugin* la posibilidad de agregar un factor multiplicador a las actividades que se requieran, para así tener resultados más cercanos a la medición convencional (ver Figura 22). Sin embargo, se propuso el factor de desperdicio como alternativa para equilibrar la diferencia

evidenciada, cuyo valor se coordina en el departamento de presupuestos. Con esta última característica agregada al *plugin*, se da cumplimiento a los alcances solicitados por la compañía A.M.V SAS.

Figura 22. Configuración *plugin* para agregar factor multiplicador



Fuente: *plugin* TICON

3.3 DISEÑO DEL MODELO ELÉCTRICO PARA SU APLICACIÓN

Habiendo realizado las pruebas de todas las actualizaciones del *plugin*, el proyecto Saona Torre 2 de la ciudad de Cali fue seleccionado para ser utilizado con la versión final.

3.3.1 Instalaciones internas

Inicialmente se diseñaron las instalaciones internas de los apartamentos tipo, siguiendo la Norma Técnica Colombiana (NTC 2050) y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). A continuación, se presenta la descripción de cada zona de las instalaciones de los apartamentos tipo.

A). Distribución tomacorrientes y alumbrado general: los tomacorrientes del

apartamento se distribuyen de acuerdo al Artículo 210-52 a). de la NTC 2050 (ver Figura 23 y Figura 24), el cual establece que:

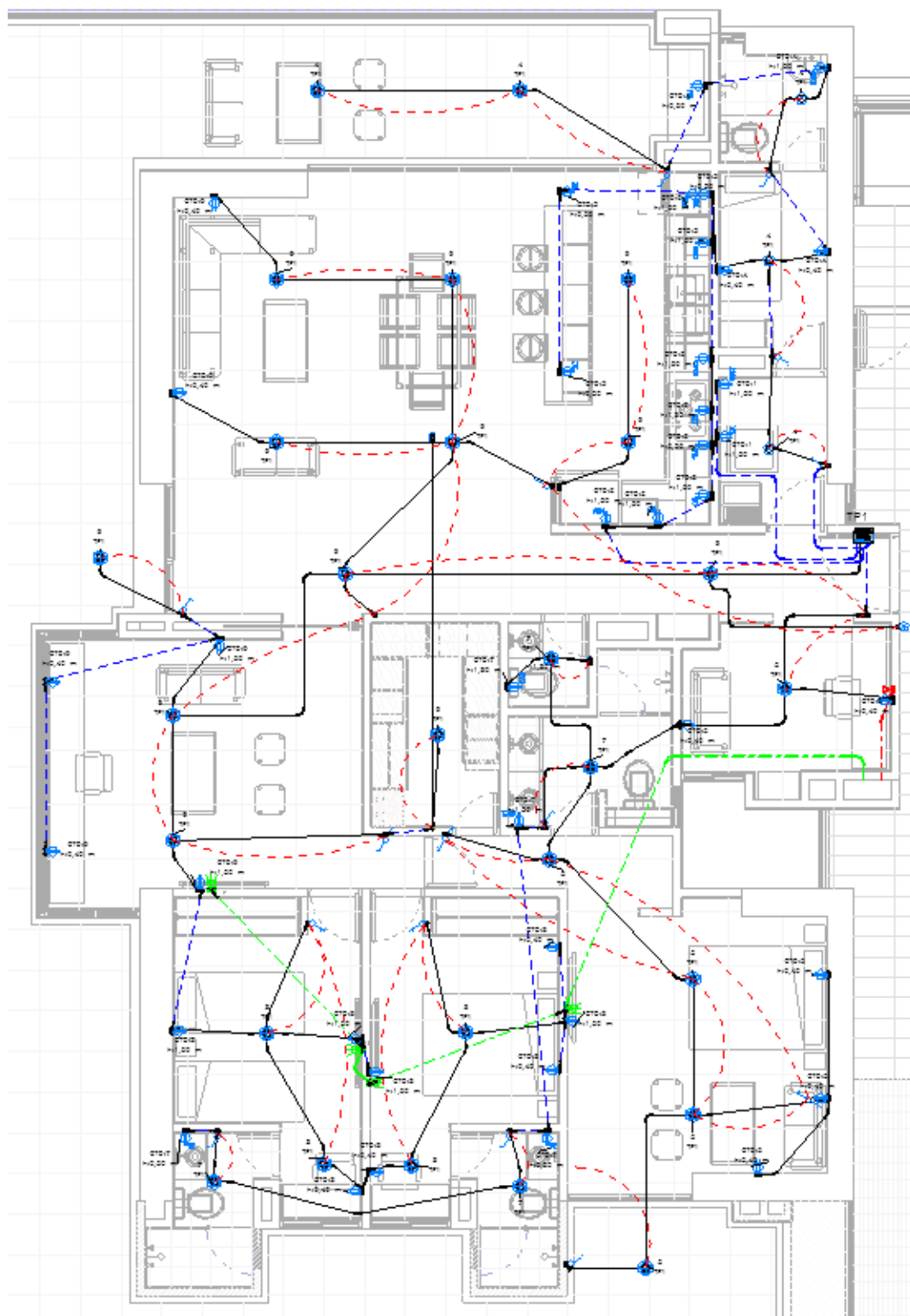
En comedores, cuartos de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solarios, dormitorios, cuartos de recreo, habitaciones o zonas similares en unidades de vivienda, se deben instalar salidas de tomacorrientes de modo que ningún punto a lo largo de la línea del suelo en ninguna pared este a más de 1.80m de un tomacorriente en ese espacio, medidos horizontalmente, incluyendo cualquier pared de 0.6m o más de ancho y el espacio de pared ocupado por paneles fijos en los muros exteriores, pero excluyendo los paneles corredizos en los muros exteriores⁹.

En las habitaciones, el RETIE indica que para los dormitorios menores o iguales a 9 [m²], es aceptable disponer de solo dos tomacorrientes dobles, ubicados en paredes opuestas¹⁰. Por consiguiente, como las habitaciones de los apartamentos del proyecto Saona Torreo 2 excedían estas medidas, se agregó un tercer tomacorriente.

⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Norma Técnica Colombiana NTC 2050:2019 (Segunda Actualización). Bogotá: ICONTEC, 2019. p. 57.

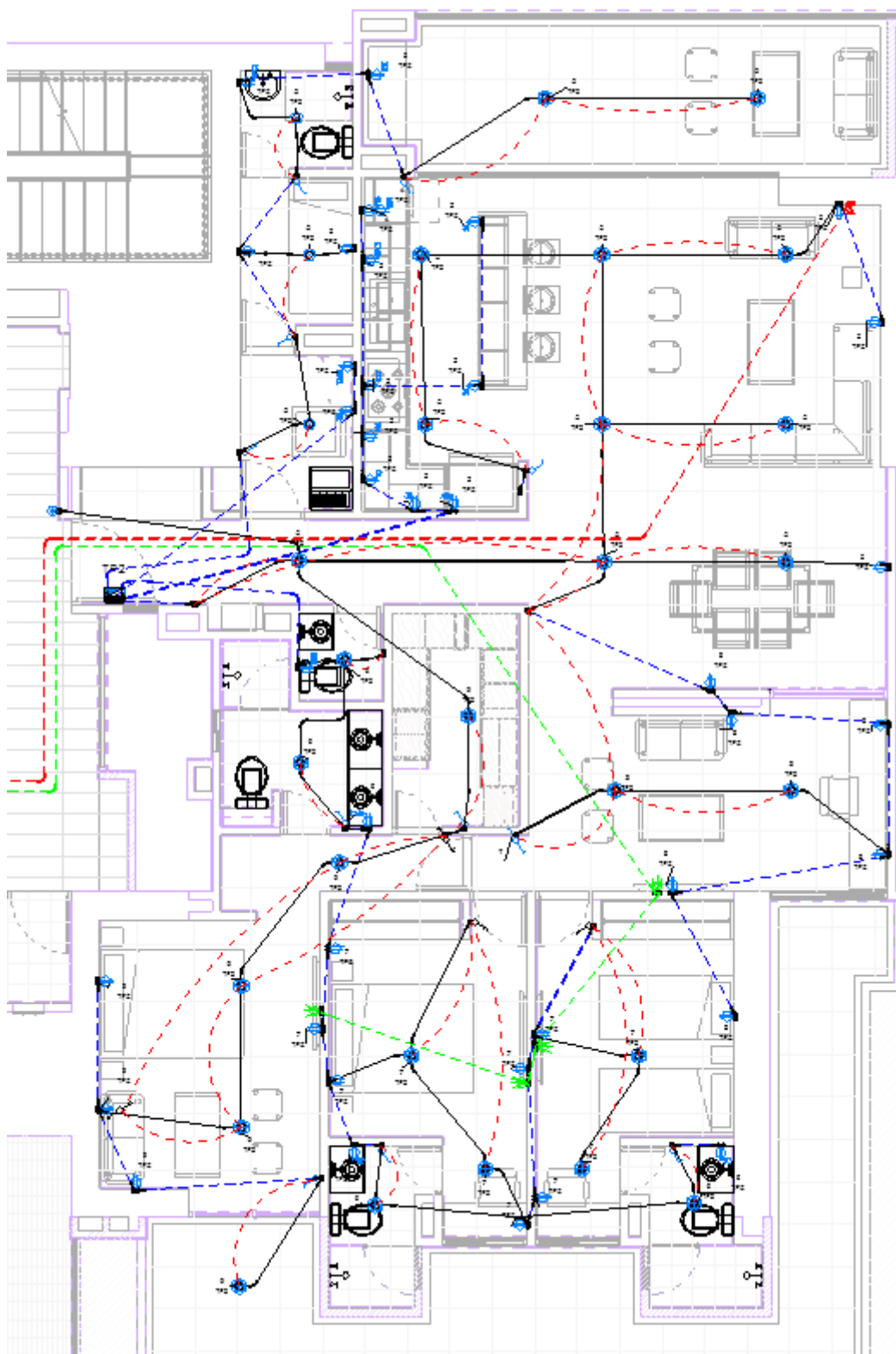
¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 90708 (30, agosto, 2013). Por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Bogotá: El Ministerio, 2013.

Figura 23. Instalaciones internas apartamento tipo 37 Saona - Torre 2



Fuente: elaboración propia

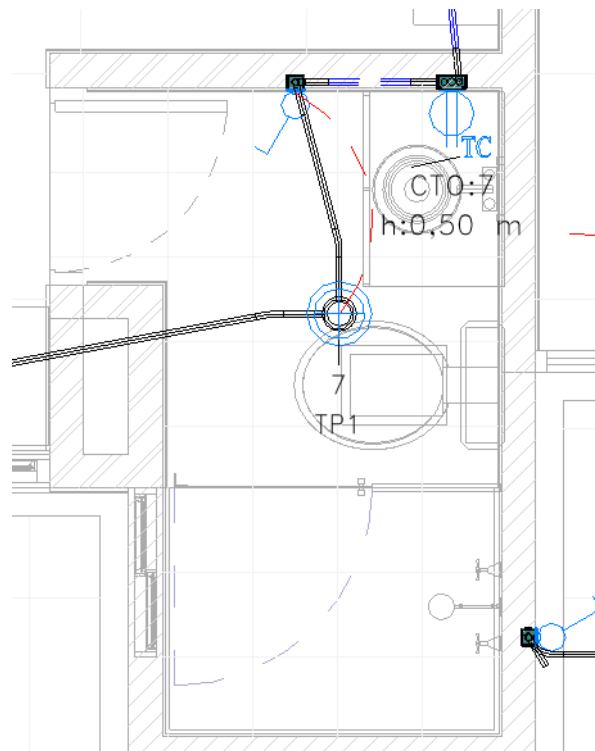
Figura 24. Instalaciones internas apartamento tipo 38 Saona - Torre 2



Fuente: elaboración propia

B). Tomacorrientes en la zona de los baños: según el Artículo 210-8 b).1). de la NTC 2050, “el tomacorriente de cualquier baño debe contar con protección por falla a tierra”¹¹. No obstante, es permitido derivar tomacorrientes convencionales de un GFCI para obtener una protección contra falla a tierra en cada una de estos. Por este motivo, se proponen tomacorrientes controlados en los baños secundarios de los apartamentos (ver Figura 25).

Figura 25. Tomacorrientes controlados en la zona de baños



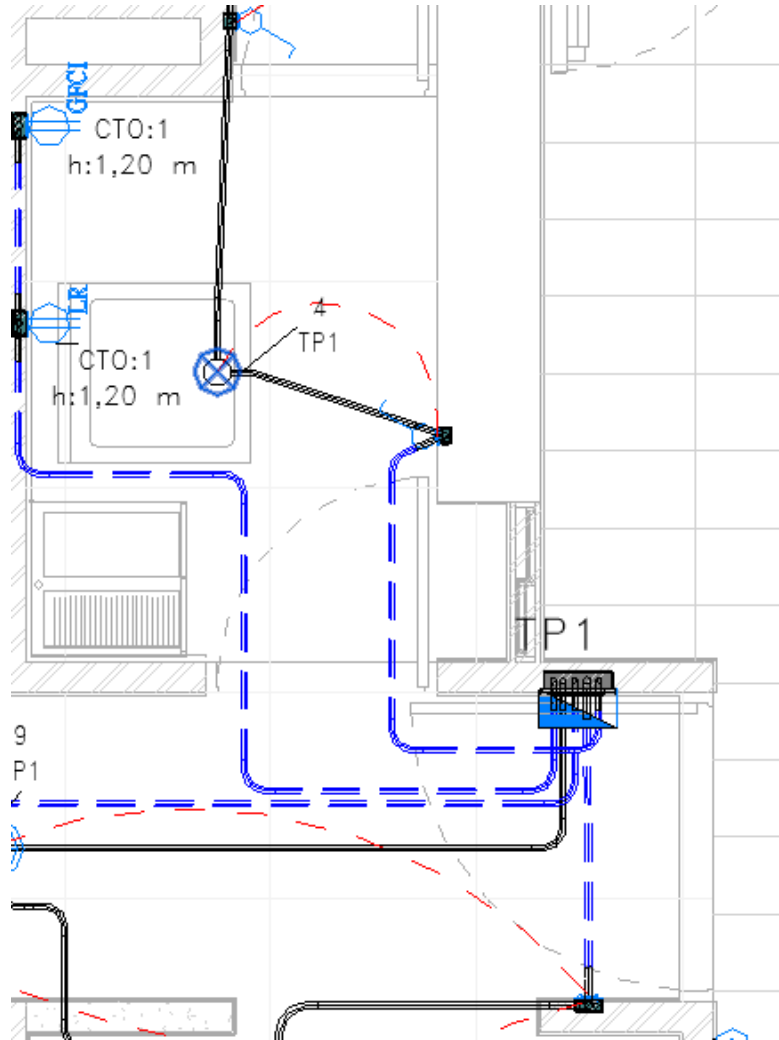
Fuente: elaboración propia

C). Tomacorrientes en la zona de la cocina: al igual que en la zona de los baños, en la cocina también se derivan tomacorrientes controlados de un GFCI para cumplir con la interrupción del circuito por falla a tierra (ver Figura 26). Adicionalmente, se proyectó la altura de los tomacorrientes para artefactos (ver Figura 27), teniendo en cuenta los artículos 210-52 c).1) y 210-52 c).5). de la NTC 2050: “los tomacorrientes se deben instalar con no más de 120 cm de

¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Op. Cit., p. 53.

Artículo 220-4 c).

Figura 28. Tomacorrientes zona de lavado y planchado



Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en la Figura 29 y la Figura 30, al finalizar los apartamentos se construyeron los respectivos cuadros de carga para cada tipo, teniendo como guía el Artículo 220-3 de la NTC 2050.

Figura 29. Cuadro de cargas apartamento tipo 37

Tipo 37		Tablero Aptos Tipo 37												CARGA [VA]				Corriente	Protección		Conductor		Ducto	Observación	
Lado	Cto	LUZ 60	TOR 22,2	B12W 13,3	TMN 180	GFCI 180	TCN 180	NEV 500	ROP 1500	HM 1500	CAMPANA 180	A.A. 3237,5	EXT BAÑO 200	A	B	C	Total	[A]	Polos	A	Aislamiento	Calibre			
IZQUIERDO	1								1						1500,0		1500,0	12,50	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	Cto Lavado y planchado	
	3				1	1	2							720,0			720,0	6,00	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	Cto Pequeños artefactos cocina	
	5			5	5										966,7		966,7	8,06	1	15	Cu-THHN	14	ø1/2"	ALCOBA PRINCIPAL, ESTUDIO	
	7			4		1	2						1	793,3			793,3	6,61	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	BAÑOS	
	9			12	6										1240,0		1240,0	10,33	1	15	Cu-THHN	14	ø1/2"	SALA COMEDOR, SALA DE ESTAR	
DERECHO	2				1	1	2	1			1			1400,0			1400,0	11,67	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	COCINA	
	4	3		2	3	1								926,7			926,7	7,72	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	BAÑO SERVICIO, TERRAZA COMÚN	
	6									1				1500,0			1500,0	12,50	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	HORNO MICROONDAS	
	8			4	8										1493,3		1493,3	12,44	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	ALCOBAS SECUNDARIAS	
	10-11											1		1618,75	1618,75		3237,5	15,56	2	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	AA MULTI ESTÁNDAR	
	12																							RESERVA	
Tipo 37	3	0	27	24	4	6	1	1	1	1	1	1	1	5340	5200		10540	50,7							TABLERO BIFASICO 12 CTOS

Identificación de cargas

B12W : Bala led de 12W. TMN : Tomacorriente monofásica de uso general. GFCI : Tomacorriente con protección de falla a tierra.	TCN : Tomacorriente controlada por una toma GFCI NEV : Tomacorriente monofásica para nevera. TOR : Luminaria tipo tortuga	LUZ : Salida para Alumbrado normal ROP : Salidas Tomas para Lavadora y Plancha HM : Salida para horno microondas
---	---	--

Figura 30. Cuadro de cargas apartamento tipo 38

Tipo 38		Tablero Aptos Tipo 38												CARGA [VA]				Corriente	Protección		Conductor		Ducto	Observación	
Lado	Cto	LUZ 60	TOR 22,2	B12W 13,3	TMN 180	GFCI 180	TCN 180	NEV 500	ROP 1500	HM 1500	CAMPANA 180	A.A. 3237,5	EXT BAÑO 200	A	B	C	Total	[A]	Polos	A	Aislamiento	Calibre			
IZQUIERDO	1					1			1					1680			1680,0	14,00	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	Cto Lavado y planchado	
	3				1	1	4	1			1				1760		1760,0	14,67	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	Cto Pequeños artefactos cocina	
	5			9	3									660,0			660,0	5,50	1	15	Cu-THHN	14	ø1/2"	SALA, COMEDOR	
	7			4	7										1313,33		1313,3	10,94	1	15	Cu-THHN	14	ø1/2"	ALCOBAS SECUNDARIAS	
	9			5	3										606,7		606,7	5,06	1	15	Cu-THHN	14	ø1/2"	ALCOBA PRINCIPAL	
DERECHO	2	3		2	3	1								926,7			926,7	7,72	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	BAÑO SERVICIO, TERRAZA COMÚN	
	4				1					1				1680,0			1680,0	14,00	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	HORNO MICROONDAS	
	6			4		1	2								793,3		793,3	6,61	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	BAÑOS	
	8			2	6										1106,7		1106,7	9,22	1	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	SALA DE ESTAR, COMEDOR SECUNDA	
	10-11											1		1618,75	1618,75		3237,5	15,56	2	20	Cu-THHN	12	ø1/2"	AA MULTI ESTÁNDAR	
	12																								RESERVA
Tipo 38	3	0	26	24	4	6	1	1	1	1	1	1	1	5426,67	5400		10527	50,6							TABLERO BIFASICO 12 CTOS

Identificación de cargas

B12W : Bala led de 12W. TMN : Tomacorriente monofásica de uso general. GFCI : Tomacorriente con protección de falla a tierra.	TCN : Tomacorriente controlada por una toma GFCI NEV : Tomacorriente monofásica para nevera. TOR : Luminaria tipo tortuga	LUZ : Salida para Alumbrado normal ROP : Salidas Tomas para Lavadora y Plancha HM : Salida para horno microondas
---	---	--

3.3.2 Puntos fijos

Para cumplir con los niveles de iluminación exigidos por el RETILAP, se realizaron simulaciones en el software Dialux. En la Figura 31 se presentan los resultados de iluminación normal en la zona de los pasillos, teniendo como referencia la columna de nivel de iluminación media para los corredores (100 lx), ubicada en la Tabla 410.1 del RETILAP; asimismo, se utilizaron luminarias led de 12 Watts¹⁴.

Figura 31. Resultados iluminación normal pasillos Saona - Torre 2

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]
1	CIRCULACIÓN PISO 5	perpendicular	32 x 128	105	68

Fuente: Dialux

Para el diseño de iluminación de la ruta de evacuación, el reglamento RETILAP define en el Artículo 470.1 c). el concepto de alumbrado de escape y el nivel de iluminación requerido, obteniendo los resultados de la Figura 32.

“Alumbrado suficiente para poder evacuar un edificio, con rapidez y seguridad, durante una emergencia. La iluminancia proporcionada por el alumbrado en cualquier punto del piso de una salida de emergencia no debe ser menor de 1,0 lux. Este alumbrado se debe instalar en la intersección de corredores, en los cambios de dirección y nivel de las escaleras, en puertas y salidas”.¹⁵

Figura 32. Resultados iluminación emergencia pasillos Saona - Torre 2

Lista de vías de evacuación

Nº	Designación	Trama	E_{min} [lx]	E_{min} / E_{max}	E_{min} [lx] (Línea media)
1	Vía de evacuación 1	128 x 64	1.21	0.041	2.19
2	Vía de evacuación 2	64 x 32	2.20	0.079	3.28

Resumen de los resultados:

E_{min} : 1.21 lx, E_{min} / E_{max} : 0.04, E_{min} (Línea media): 2.19 lx, E_{min} / E_{max} (Línea media): 0.08 (1 : 12)

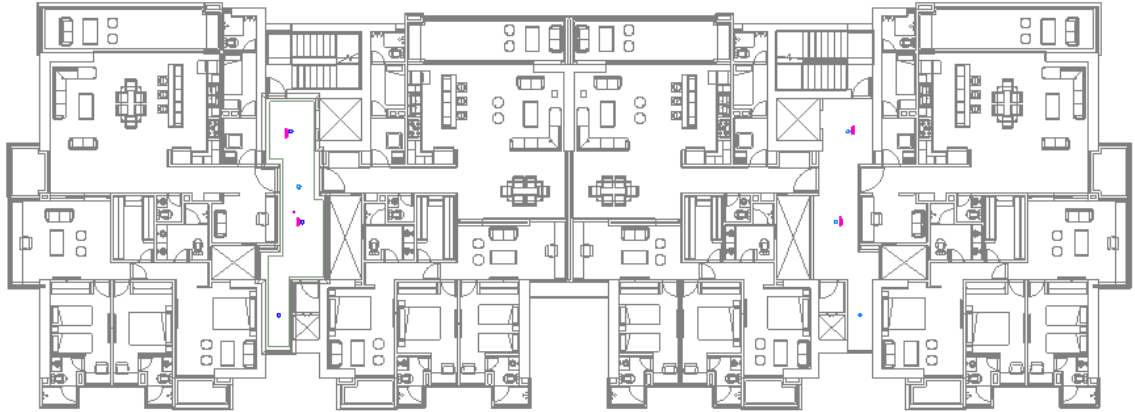
Fuente: Dialux

¹⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 180540 (30, marzo, 2010). Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP. Bogotá: El Ministerio, 2010.

¹⁵ Ibid. p. 104.

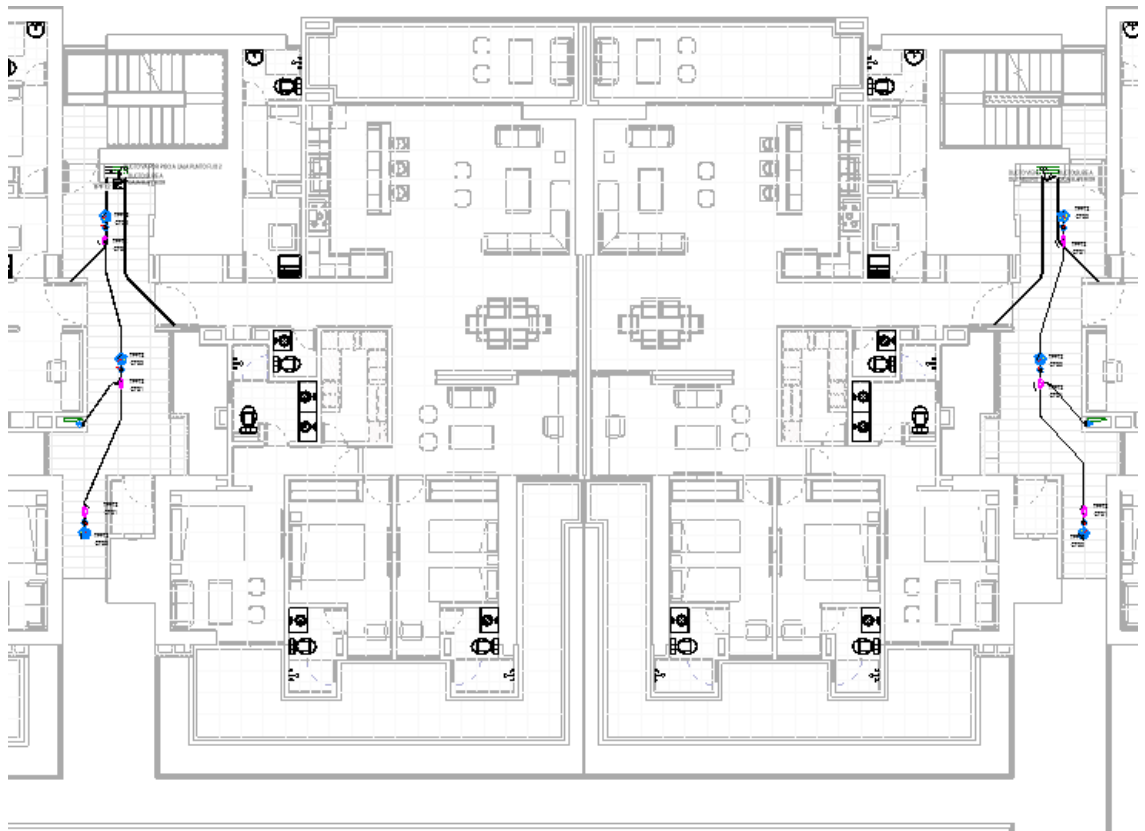
Con el cumplimiento de los niveles de iluminación, se modeló en Revit la infraestructura del punto fijo de la torre, partiendo de la disposición de las luminarias que se encuentran en el software Dialux (ver Figura 33 y Figura 34).

Figura 33. Disposición luminarias pasillos Saona - Torre 2 en Dialux



Fuente: Dialux

Figura 34. Modelo Revit pasillos Saona - Torre 2



Fuente: elaboración propia

Para la simulación de las escaleras se tomó como referencia la Tabla 410.1 del RETILAP, teniendo en cuenta que la iluminación media para escaleras es de 150 lx. En la Figura 35 se observan los resultados de la simulación.

Figura 35. Resultados iluminación normal escaleras Saona - Torre 2

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	16 x 16	163	142
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	16 x 16	172	143
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	64 x 32	151	67
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	16 x 8	153	143
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	32 x 16	162	134

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]
perpendicular	5	161	67	191

Fuente: Dialux

Al igual que los pasillos, las escaleras deben cumplir con los niveles de iluminación de emergencia requeridos en el Artículo 470.1 c). del RETILAP. La Figura 36 muestra los resultados obtenidos en la simulación.

Figura 36. Resultados iluminación emergencia escaleras Saona - Torre 2

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	32 x 32	5.14	1.74	26
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	9.37	2.89	29
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	64 x 32	43	0.11	78
4	Superficie de cálculo 4	perpendicular	32 x 16	46	6.56	76
5	Superficie de cálculo 5	perpendicular	32 x 16	38	3.73	82

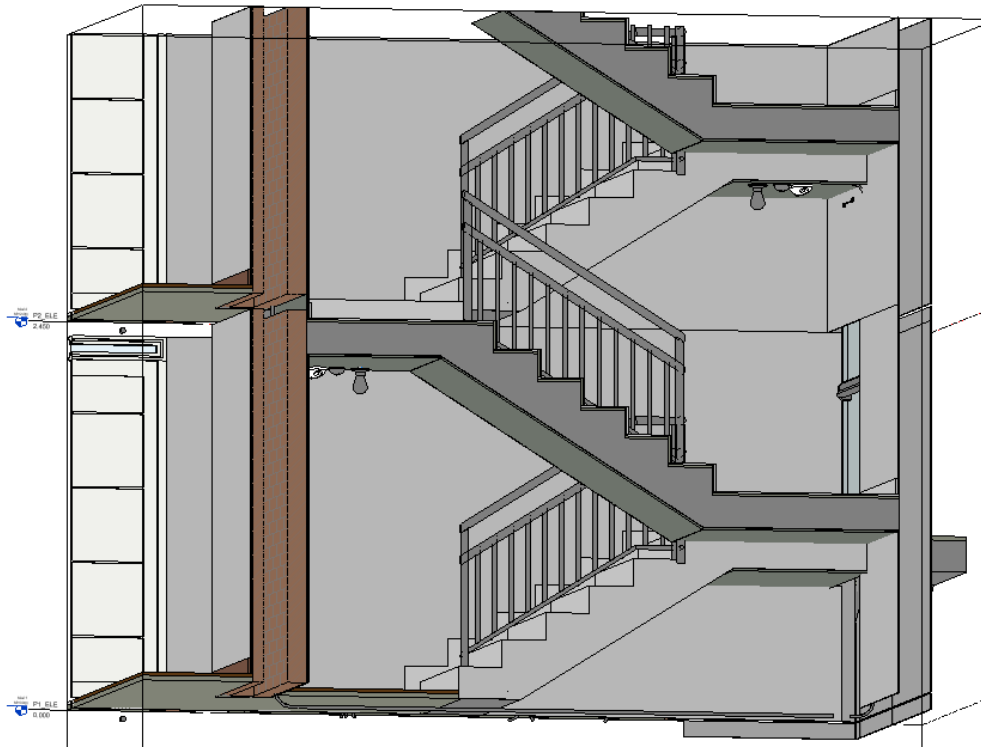
Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]
perpendicular	5	28	0.11	82

Fuente: Dialux

Luego de tener las simulaciones completas, se procedió a modelar las escaleras en Revit, como se observa en la vista 3D que ilustra la Figura 37.

Figura 37. Vista 3D modelo escaleras



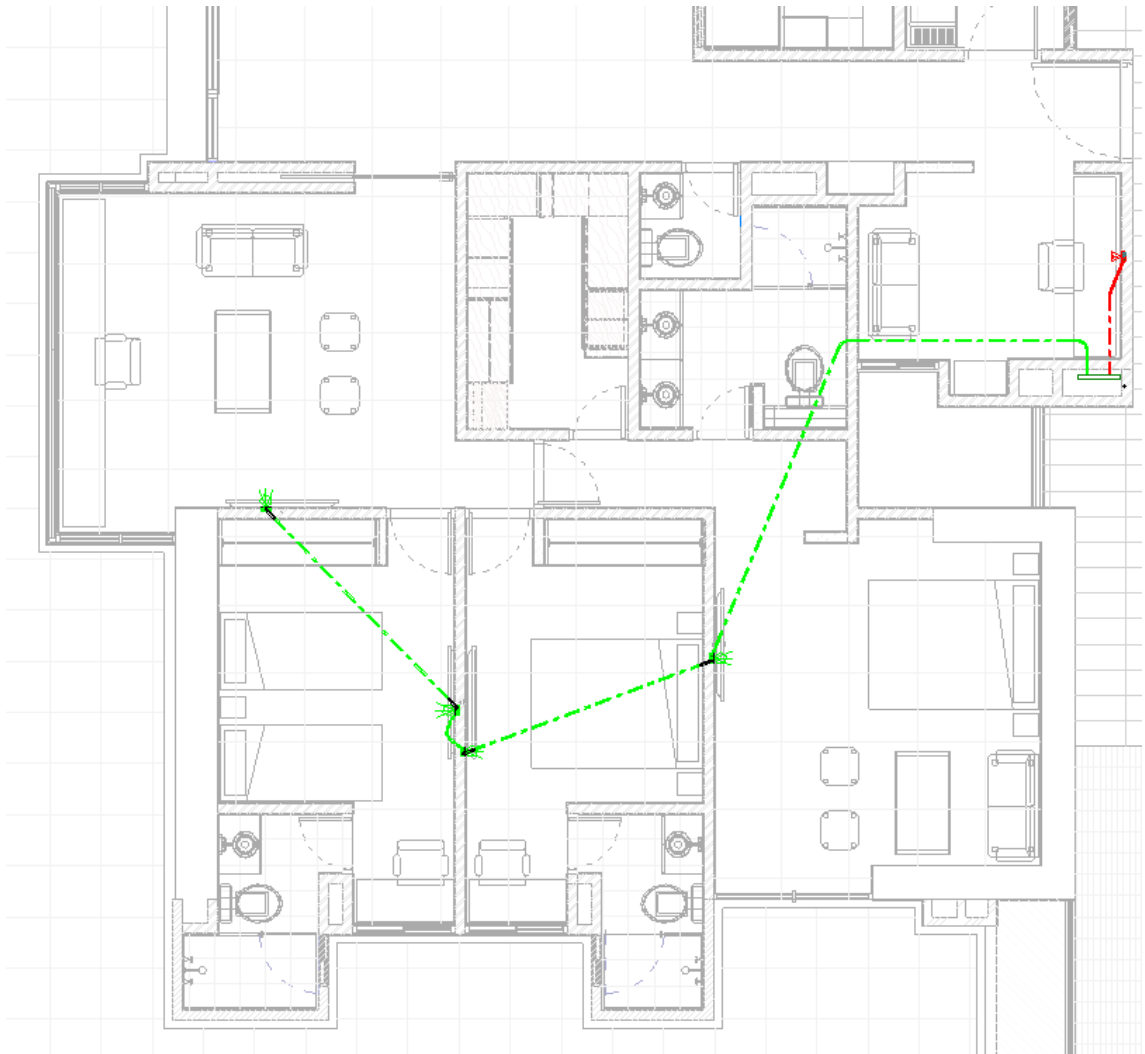
Fuente: elaboración propia

3.3.3 Redes de comunicaciones

Al completar los puntos fijos de la torre, se continuó con el diseño de las redes de comunicación, cuyas salidas en los apartamentos se definen mediante mutuo acuerdo con la constructora MARVAL, al igual que la ubicación de los buitrones de comunicaciones.

En la Figura 38 se muestra la ubicación del ducto de comunicaciones y las salidas de comunicaciones en los apartamentos tipo del proyecto. Se plantearon 4 salidas de televisión (color verde) y una para teléfono (color rojo). La citofonía en este proyecto es virtual, por lo que no se requiere estructura alguna.

Figura 38. Salidas de comunicaciones en apartamento tipo y ubicación de buitrón



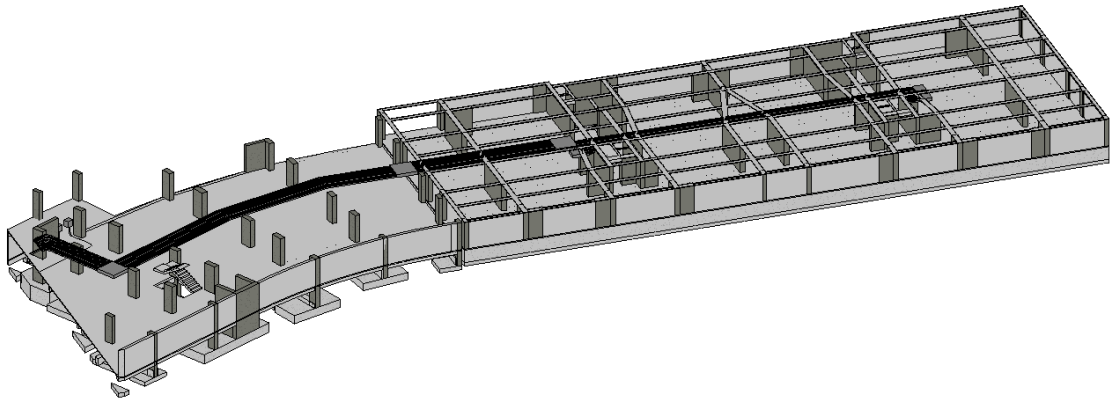
Fuente: elaboración propia

Con las redes de comunicaciones modeladas, se procedió al planteamiento de las redes de baja tensión, las cuales deben tener distancias óptimas entre la subestación y los armarios de medidores, para no tener la necesidad de aumentar el calibre del cableado.

El modelado de estas redes eléctricas requiere un proceso de coordinación entre las disciplinas de arquitectura, estructura e hidráulica, en tanto se deben definir las ubicaciones de cuartos técnicos y evitar colisiones entre las redes hidrosanitarias, pluviales y de suministro a la torre. En la Figura 39 se visualiza

el trazado de las redes en una vista 3D.

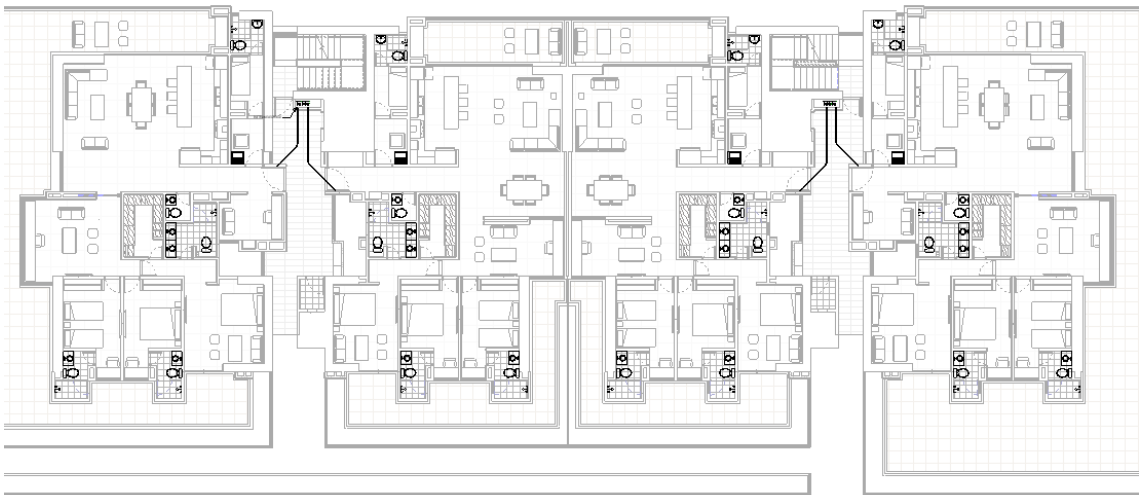
Figura 39. Redes BT sobre modelo estructural en vista 3D



Fuente: elaboración propia

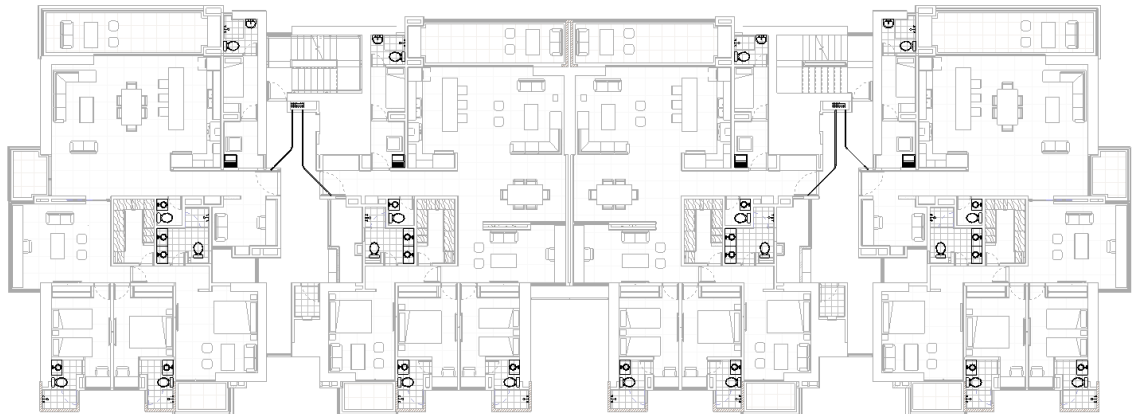
Al igual que los buitrones de comunicaciones, la constructora define junto al diseñador eléctrico, el lugar del ducto eléctrico donde subirán las redes hasta cada tablero de distribución (ver Figura 40 y Figura 41).

Figura 40. Ubicación de las acometidas eléctricas Piso 1 Saona - Torre 2



Fuente: elaboración propia

Figura 41. Ubicación de las acometidas eléctricas piso tipo Saona - Torre 2



Fuente: elaboración propia

3.3.4 Sistema de protección contra rayos (SIPRA)

Para el análisis de la localización del sistema de protección contra rayos y la altura basada en el proyecto a proteger, los elementos del sistema de captación aérea deben estar posicionados, teniendo como referencia uno o más de los siguientes métodos: Método de la Esfera Rodante (MER), Método del Ángulo de protección (MAP) o Método del Enmallado (ME)¹⁶.

Para este proyecto la compañía adoptó el Método de la Esfera Rodante, el cual consiste en hacer rodar una esfera imaginaria de radio R_s por todas las caras de la estructura a proteger y cualquier otro objeto que haga parte de la edificación¹⁷. De acuerdo con la NTC 4552-3, el valor de R_s depende del nivel de protección que se calcule en el proyecto.

Estos niveles y corrientes están dados para que con el radio escogido cualquier corriente igual o superior a la escogida sea interceptada por el sistema de protección externo y no impacte directamente a la estructura¹⁸.

En la Figura 42 se evidencia el procedimiento a seguir para calcular el nivel de

¹⁶ CÁRDENAS, Wilson y GALVIS, Cristhian. Elaboración de una herramienta software para el diseño del apantallamiento de estructuras de uso final, utilizando el método de la esfera rodante. Trabajo de grado Ingeniero Electricista. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, 2017. p. 19

¹⁷ Ibid., p. 20

¹⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Norma Técnica Colombiana NTC 4552:2008. Bogotá: ICONTEC, 2008. p. 8.

protección, según la NTC 4552-2.

Figura 42. Procedimiento para la decisión de necesidad de protección

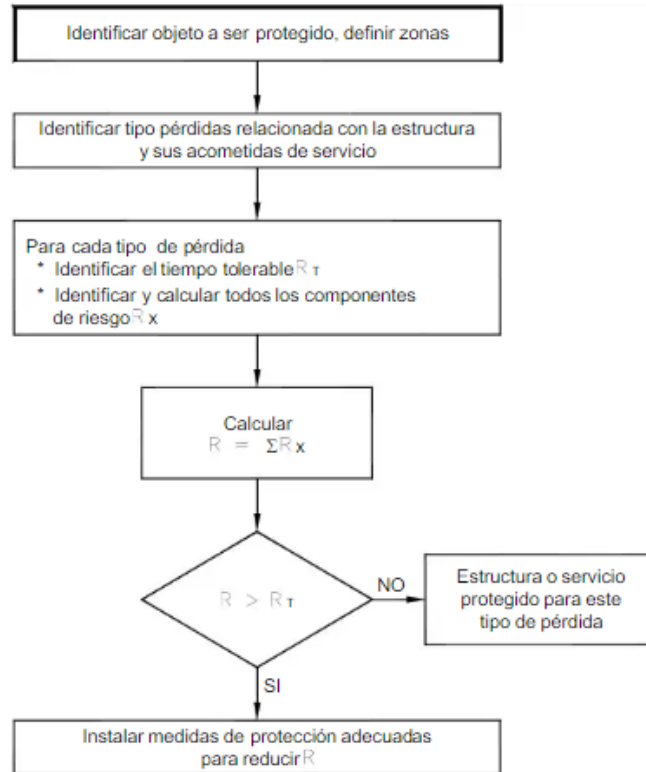


Figura 2. Procedimiento para la decisión de necesidad de protección

Fuente: NTC 4552-2

El análisis de nivel de riesgo por rayos se realiza bajo los lineamientos de la norma NTC 4552, secciones 2 y 3; con los criterios correspondientes a la localización del proyecto, condiciones de rayo según la región, los parámetros necesarios del diseño de apantallamiento y equipotencialización del sistema eléctrico. A partir de esto, como se evidencia en la Figura 43 y Figura 44, se calcula el nivel de protección a través de la memoria de cálculo perteneciente a la compañía, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 43. Resultados memoria de cálculo análisis de riesgo

ANÁLISIS DE LA PROBABILIDAD DE DAÑO.		
Probabilidad de daño PA=	0,0001	TABLA 14 NTC 4552-2
Probabilidad de daño PB =	0,2 NIVEL IV	TABLA 15 NTC 4552-2
Probabilidad de daño Pu=	0,03 III-IV	
Probabilidad de daño Pv =	0,03	

Fuente: A.M.V SAS

Según la Figura 44, al comparar R con RT, el sistema se encuentra protegido con el nivel seleccionado.

Figura 44. Resultados comparación componentes de riesgo

CÁLCULO DE LAS COMPONENTES DE RIESGO.		PROTEGIDO: SI
$RA = ND * PA * LA$	→ 2,11684E-12	
$RB = ND * PB * Lb$	→ 1,69347E-06	
$Ru = (NL + NDa) * Pu * Lu$	→ 1,27010E-10	
$Rv = (NL + NDa) * Pv * Lv$	→ 5,08041E-08	
$R = \sum Rx$	1,74440E-06	
	<	1,00E-05 RT

Fuente: A.M.V SAS

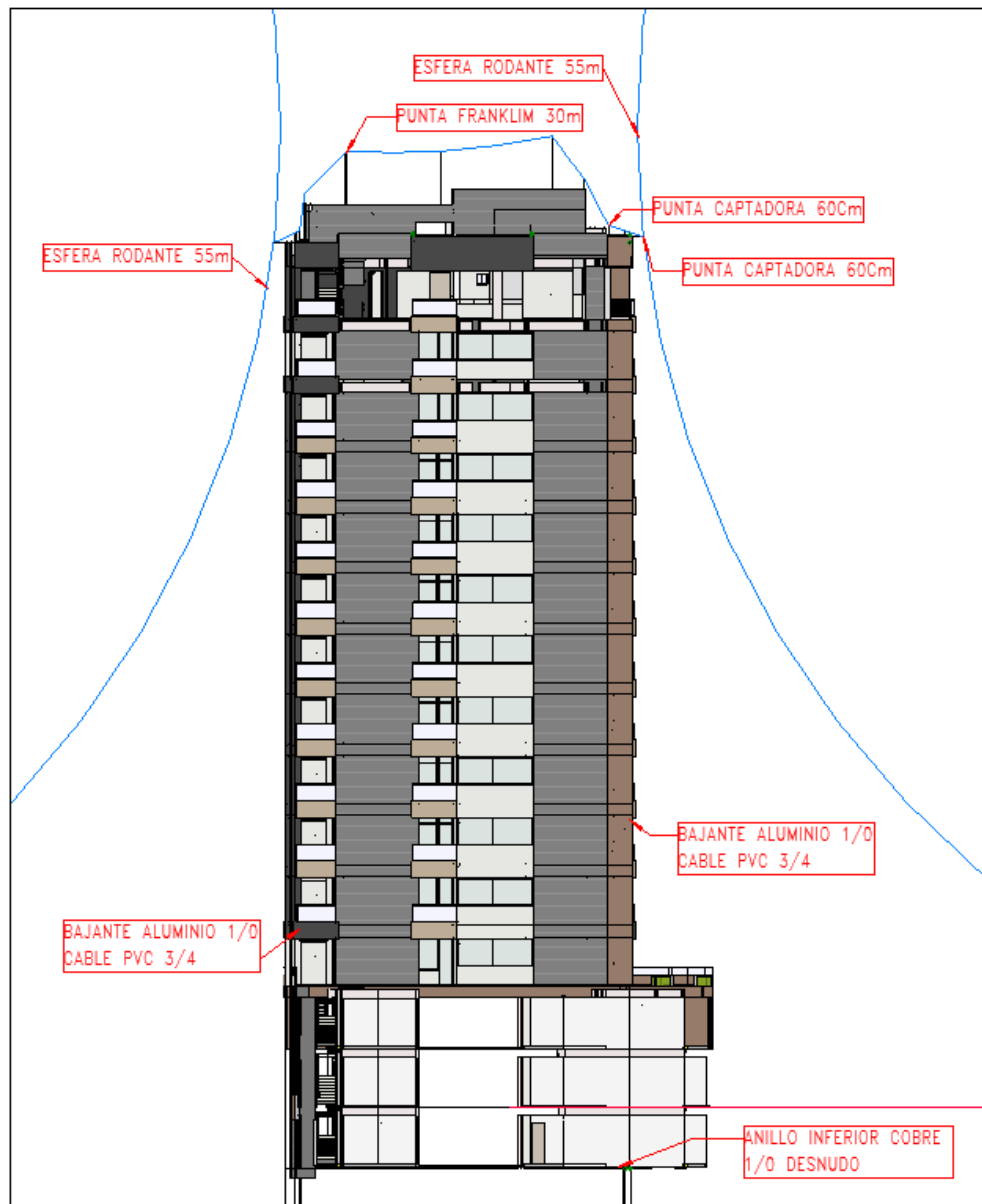
Al tener un nivel de protección IV, según la Tabla 2 del Subcapítulo 5.2.1.1 de la NTC 4552-2 (ver Figura 45), el radio de la esfera rodante debe ser de 55 metros. Con este dato se procedió a modelar la ubicación de las respectivas puntas captadoras y el resto del sistema de protección, como se observa en la Figura 46.

Figura 45. Tabla 2 Capitulo 5.2.1.1 NTC 4552-3

Nivel de protección	Radio de la esfera (r_{sc}) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Fuente: NTC 4552-3

Figura 46. Modelo sistema de protección contra rayos Saona - Torre 2

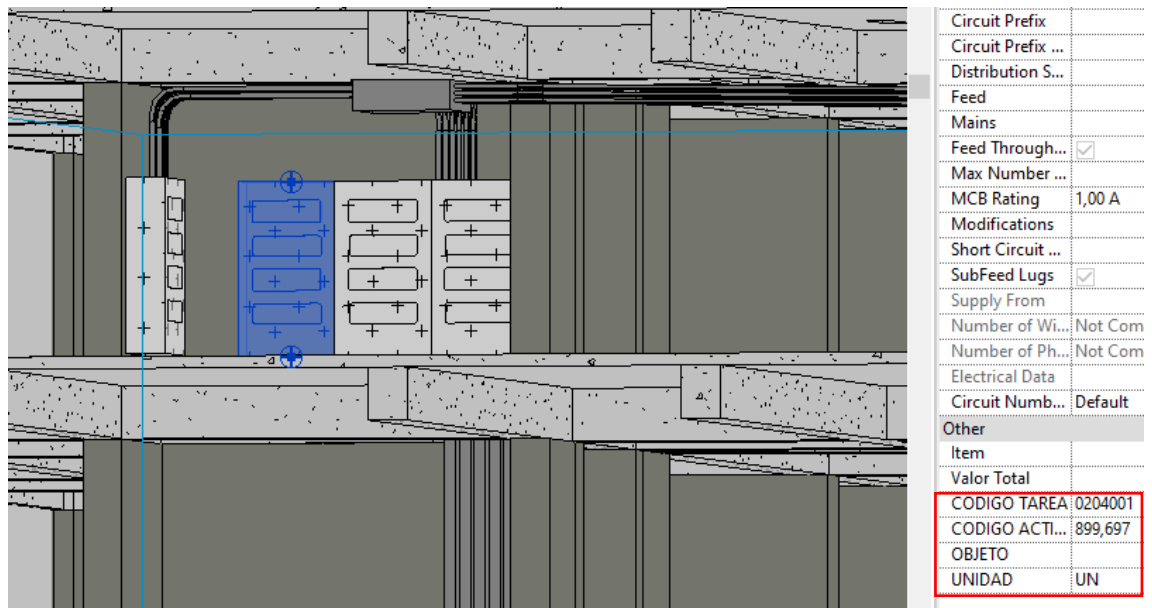


Fuente: elaboración propia

3.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL

Teniendo el modelo completo del proyecto Saona, se procede a su respectiva parametrización con las respectivas mejoras que ofrece la última versión del *plugin* (ver Figura 47).

Figura 47. Parámetros armarios de medidores Saona - Torre 2



Fuente: elaboración propia

Al completar la parametrización de cada uno de los modelos del proyecto, se procedió a generar el presupuesto por medio del *plugin*. En la Figura 48 se observa la zona de redes de baja tensión, como una muestra del presupuesto generado.

Figura 48. Resultados presupuesto redes BT Saona - Torre 2

Revisar Presupuesto

Key	Codigo	Nombre	Objeto	Unidad	Factor Repetición	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
0203001 GABINETES Y REDES DISTRIBUCION BT USO OPERADOR								
0203001-1676-BT	1676	DUCTO EMT 1Ø4"	BT	ML	1	12,1262	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-1950-BT	1950	RED AL THHN (3#4/0+1#2)	BT	ML	1	55,524	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-2486-BT	2486	RED AL THHN (3#250) + (1#2)	BT	ML	1	91,163	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-2517-BT	2517	DUCTO PVC 1Ø4"	BT	ML	1	1675,6338	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-2547-BT	2547	RED AL THHN 3X(3#500) + (3#1/0T) AL	BT	ML	1	1596,767	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-2716-BT	2716	CAJA DE INSP. BT (1X1X0.3)M	BT	UN	1	5	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-2978-BT	2978	CAJA DE INSP. AE287 (0.8X0.8X0.3)M	BT	UN	1	2	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-418-BT	418	TUBO EMT 1Ø1"	BT	ML	1	267,482	\$ 16,007.28	\$ 4,281,659.27
0203001-4490-BT	4490	RED AL THHN (3#2+1#6)	BT	ML	1	59,8519	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-4691-BT	4691	CAMARA DE INSP. AE287 (2X2X0.4)M UN	BT	UN	1	3	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-4980-BT	4980	TUBO EMT 1Ø1-1/2"	BT	ML	1	85,0517	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-4981-BT	4981	TUBO EMT 1Ø1-1/4"	BT	ML	1	212,1573	\$ 0.00	\$ 0.00
0203001-84-BT	84	DUCTO EMT 1Ø3"	BT	ML	1	0,9558	\$ 44,277.82	\$ 42,320.74
0203001-89-BT	89	DUCTO PVC 1Ø3" TDP	BT	ML	1	149,907	\$ 183,459.20	\$ 27,501,818.25
0203001-940-BT	940	DUCTO PVC 1Ø1 1/2" TP	BT	ML	1	59,8519	\$ 6,187.91	\$ 370,358.17
0204001 ARMARIOS DE MEDIDORES								
0204001-697-BT	697	PUESTA A TIERRA GABINETE MEDIDORES	BT	UN	1	8	\$ 299,471.85	\$ 2,395,774.80
0204001-899-BT	899	GABINETE MEDIDORES 3F 12 CUENTAS	BT	UN	1	8	\$ 906,420.96	\$ 7,251,367.68

Buscar

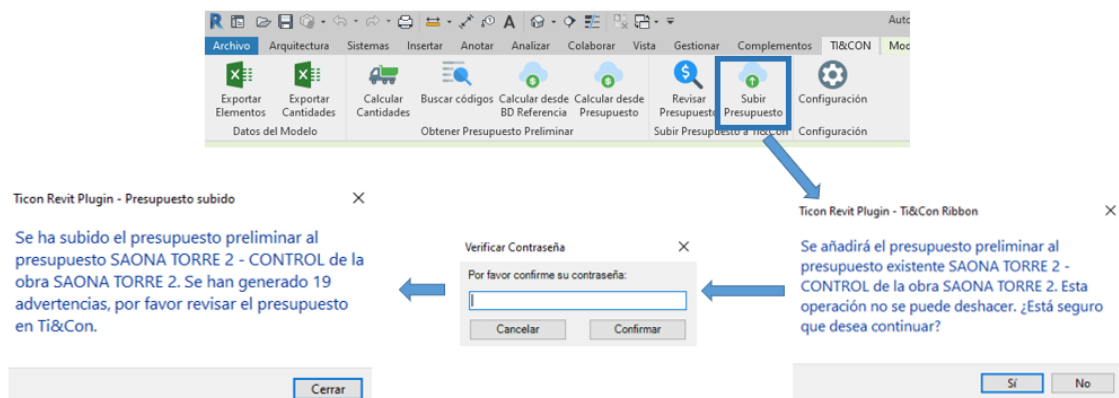
Valor Total: **\$41.843.298,95**

Cancelar Guardar

Fuente: *plugin* TICON

Después de revisar los resultados calculados por la herramienta, se cargó el presupuesto a la plataforma TICON. En la Figura 49 se presenta la serie de pasos se deben realizar en la interfaz del *plugin* para subir el presupuesto.

Figura 49. Proceso para cargar el presupuesto a la plataforma TICON



Fuente: *plugin* TICON

Con el presupuesto cargado en la nube por parte del equipo del Departamento de Diseño, como se observa en la Figura 50, el Departamento de Presupuestos puede ingresar al software TICON y trabajar con la estructura presupuestal desde la plataforma.

Figura 50. Presupuesto proyecto Saona - Torre 2 en plataforma TICON

	CAPITULO	OBJETO	CANT.	REPS	VALOR UNL.	TOTAL MA.	TOTAL MO.	TOTAL ME.	TOTAL SU.	TOTAL OTRO	TOTAL	ORDEN
0203000	REDES DE BAJA TENSION					6.084.349,80	25.363.087,56	748.715,73	0,00	0,00	32.196.153,09	
0203001	GABINETES Y REDES DISTRIBUCION BT USO OPERADOR					6.084.349,80	25.363.087,56	748.715,73	0,00	0,00	32.196.153,09	
+	84	DUCTO EMT 103"	0,9558	1,0000	44.277,80	30.442,11	3.830,83	47,79	0,00	0,00	42.320,73	
	89	DUCTO PVC 103" TDP	149,9071	1,0000	183.459,19	2.400.735,23	24.357.788,80	735.293,84	0,00	0,00	27.501.817,87	
	418	TUBO EMT 101"	287,4821	1,0000	16.007,26	3.484.233,98	804.048,48	13.374,10	0,00	0,00	4.281.656,56	
	940	DUCTO PVC 101 1/2" TP	59,8519	1,0000	6.187,90	172.938,48	197.419,45	0,00	0,00	0,00	370.357,93	
	1676	DUCTO EMT 104"	12,1262	1,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	1950	RED AL THHN (3#4/0-1#2)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2456	RED AL THHN (3#250) + (1#2)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2517	DUCTO PVC 104"			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2547	RED AL THHN 3X(3#500) + (3#10T)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2716	CAJA DE INSP BT (11X10 3JM)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2976	CAJA DE INSP AE207 (Ø 8X0 8X0 3)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	4490	RED AL THHN (3#2+1#6)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

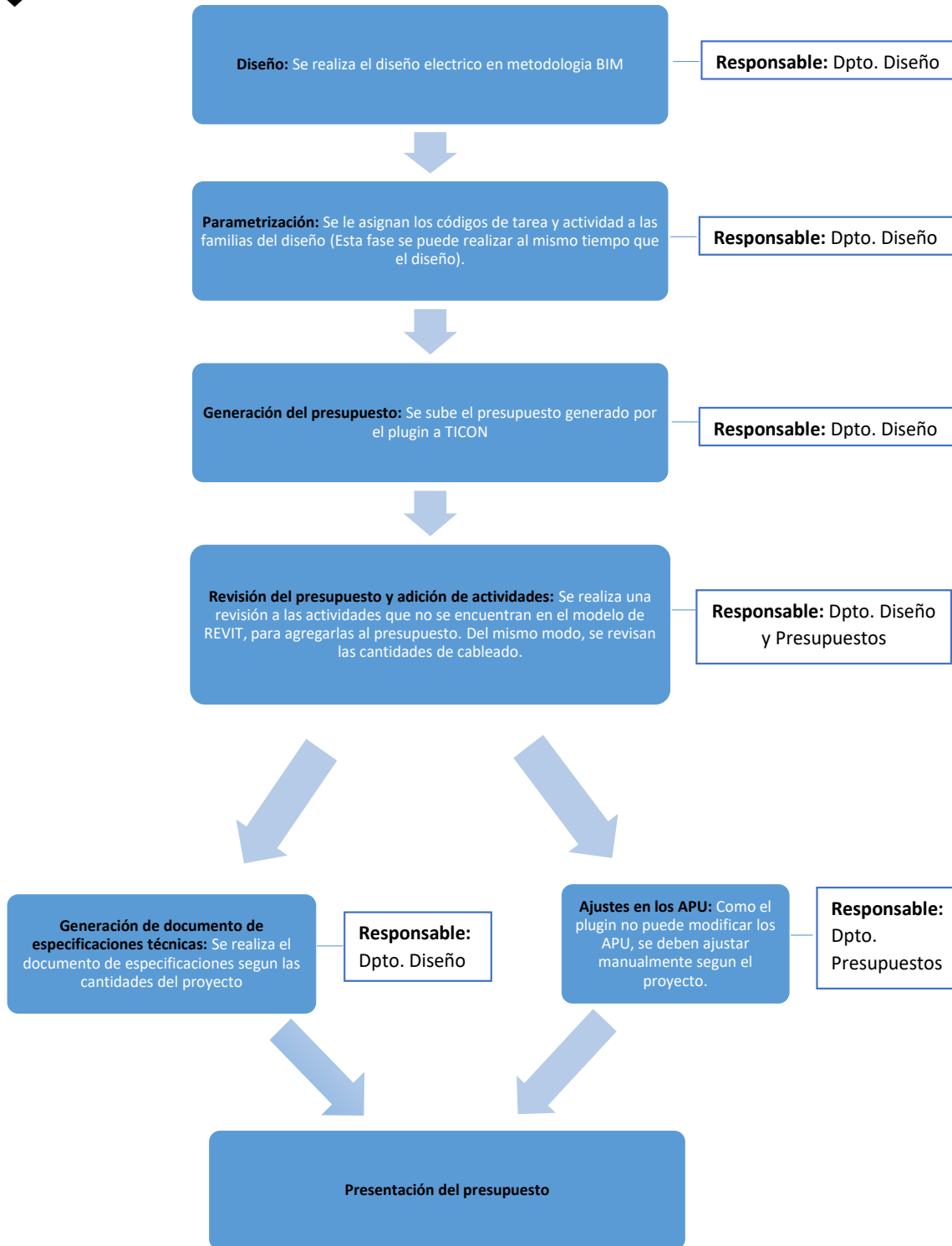
Fuente: plataforma TICON

Finalmente, para socializar el nuevo proceso que debe llevar a cabo la compañía para presupuestar los diseños en metodología BIM, se realizó un flujograma de procesos que explica las labores correspondientes a cada departamento involucrado en el proceso, teniendo en cuenta los alcances que se obtuvieron en el proyecto (ver Figura 51).

Figura 51. Flujograma de procesos para el *plugin* Revit



Flujograma Guía - Plugin REVIT



En adición, la compañía TICON realizó el manual de uso para la herramienta presupuestal, implementada para socializar los resultados de la práctica empresarial con la Gerencia y los equipos de diseño de climatización y detección de incendios. Es importante aclarar que, por aspectos relacionados con derechos de autor de la compañía TICON, no posible compartir el manual de esta herramienta.

4. CONCLUSIONES

En el desarrollo de la práctica empresarial se logró proponer una solución para optimizar las actividades ejecutadas al momento de realizar el presupuesto de los proyectos en metodología BIM, mediante una herramienta presupuestal consolidada en un *plugin* que funciona en el software Revit. De este modo, fue posible dar cumplimiento a los requerimientos solicitados por la compañía, mediante variadas pruebas en proyectos eléctricos anteriormente presupuestados y actualizaciones del *plugin*; sin embargo, se encontraron limitaciones relacionadas con la medición del cableado, debido a las restricciones al momento de modelar este elemento. También, se identificó la inhabilidad del *plugin* para modificar los valores en los APU del presupuesto.

Las restricciones en los alcances se vinculan con la reducida optimización que tiene el software Revit en el modelado eléctrico, en comparación con las disciplinas arquitectónicas y estructurales. No obstante, empresas ajenas a Autodesk han desarrollado diferentes extensiones para Revit que facilitan algunos cálculos eléctricos; por lo cual, será posible que en un futuro se incluyan estas herramientas al software oficial.

En este orden, se logró realizar el modelado del proyecto Saona - Torre 2, adquiriendo experiencia en el diseño eléctrico en metodología BIM y aplicando los conocimientos adquiridos en la academia en un escenario profesional de la vida real, realizando actividades como la asistencia a reuniones concurrentes de obra y coordinando los diferentes modelos eléctricos con las demás disciplinas que intervinieron en el proyecto. Con la parametrización de los diseños del proyecto Saona - Torre 2, fue posible generar el presupuesto de manera automática, mediante una interfaz optimizada que conlleva a la reducción de errores en la introducción de los códigos, que hacen parte de la estructura del presupuesto, a cada elemento del modelo.

En definitiva, el proyecto queda dispuesto a futuros planes de mejora y optimización, con el fin de incrementar las prestaciones del *plugin* y automatizar un mayor número de actividades que en la actualidad se realizan de forma manual en la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

CÁRDENAS, Wilson y GALVIS, Cristhian. Elaboración de una herramienta software para el diseño del apantallamiento de estructuras de uso final, utilizando el método de la esfera rodante. Trabajo de grado Ingeniero Electricista. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, 2017. 92p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 90708 (30, agosto, 2013). Por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Bogotá: El Ministerio, 2013.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 180540 (30, marzo, 2010). Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP. Bogotá: El Ministerio, 2010.

FAZLI, Abdulsame, *et.al.* Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management. En: *Procedia Technology*. 2014, Vol. 16, p. 1116-1125.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Norma Técnica Colombiana NTC 4552:2008. Bogotá: ICONTEC, 2008. 265p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Norma Técnica Colombiana NTC 2050:2019 (Segunda Actualización). Bogotá: ICONTEC, 2019. 847p.

KONSTRUEDU. [Sitio Web]. Lima: Konstruedu.com. Disponible en: <https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-revit-mep>

ROBERTI, Fabio y FERREIRA, Decio. Increasing Autodesk Revit Productivity for BIM Projects: A practical guide to using Revit workflows to improve productivity and efficiency in BIM projects. Birmingham: Packt, 2021. 475p.

SIDNEY, Levy. Project management in construction. 7 ed. Nueva York: Mc Graw-Hill, 2018. 509p.

TICON. Presupuesto paso a paso. Bucaramanga: TICON., 2017. 66p.

TICON Software. [Sitio Web]. Bucaramanga: TICON. [Consulta: 28 de enero 2023]. Disponible en: <https://www.ticon.com.co/zona-clientes/documentacion>