

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

DESARROLLO DE ESTRUCTURA BIM PARA LA COORDINACIÓN DE INGENIERÍA PRIMARIA Y SECUNDARIA EN SUBESTACIONES DE ALTA TENSIÓN

BRANDOM STEVENS CORTES MILLAN
CÓDIGO: 20141007114

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ D.C.
2018

DESARROLLO DE ESTRUCTURA BIM PARA LA COORDINACIÓN DE INGENIERÍA PRIMARIA Y SECUNDARIA EN SUBESTACIONES DE ALTA TENSIÓN

BRANDOM STEVENS CORTES MILLAN
CÓDIGO: 20141007114

PASANTÍA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO

DIRECTOR
Externo/Siemens: ING. RICARDO YATE CHAPARRO
Interno: ING. OSCAR DAVID FLOREZ CEDIEL

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ D.C.
2018

AGRADECIMIENTOS

Por medio de las siguientes palabras quiero expresar mi inmensa gratitud:
Primero a Dios por darme la vida y llenarme de bendiciones, guiarme por el sendero correcto y darme fortaleza en este camino acompañado de una hermosa familia.

A mi familia por su incondicional apoyo, ya que gracias a ellos nunca perdí el impulso de seguir adelante ni de luchar por mis sueños y por estar siempre allí acompañándome en todo el trayecto de la carrera profesional con esfuerzo y dedicación hemos logrado alcanzar esta meta.

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a mis amigos y profesores por aportar en mi formación profesional a través de estos años.

A mis directores, al Ingeniero Ricardo Yate Chaparro y al profesor Oscar David Flórez Cediel por su completa guía, colaboración e impecable supervisión en el desarrollo de la pasantía y de este documento.

A los ingenieros Fernando Tunarrosa Niampira y Frederick Oxmos Guerrero por su disposición y colaboración en el desarrollo de la pasantía; También quiero agradecer a todas las personas que de alguna manera directa o indirecta aportaron a mi formación académica y personal

RESUMEN

En el presente documento se expone el desarrollo de la pasantía titulada “Desarrollo de la metodología BIM para la coordinación de ingeniería primaria y secundaria en subestaciones de alta tensión” desarrollada en las instalaciones de la compañía Siemens, la cual se enfoca en la estructuración y adecuación de los software utilizados en la metodología BIM para el desarrollo de proyectos. Esto como respuesta al proceso de innovación y digitalización que está demandando el mundo energético actual; Para el desarrollo se trabajó en la Unidad de negocios Transmition Solutions y Digital Grid siendo parte de la división de negocios Energy Management de la compañía.

Como objetivo de desarrollo se tiene el desarrollar modelos adaptativos utilizados ingeniería primaria y secundaria durante el diseño, construcción y operación de una subestación eléctrica de alta tensión.

Palabras clave: BIM, REVIT, SIEMENS, SUBESTACIÓN ELÉCTRICA, DIGITALIAZACIÓN.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS **3**
RESUMEN **4**
LISTA DE FIGURAS **7**
LISTA DE TABLAS **9**
INTRODUCCIÓN **11**
1. OBJETIVOS **12**
1.1 Objetivo General 12
1.2 Objetivos Específicos 12
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA **13**
3. JUSTIFICACIÓN **14**
4. MARCO REFERENCIAL **15**
4.1. ANTECEDENTES 15
4.1.1. Diseño de subestaciones 16
4.1.2. Estudios y obras civiles 17
4.2. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM 18
4.3. BIM EN SIEMENS 19
4.3.1 Siemens 19
4.3.2 Siemens y la era de la digitalización 19
4.3.3. BIM Está cambiando la forma en que se construye, colabora y operan las infraestructuras 20
4.3.4. BIM e ingeniería digital en el contexto social 20
4.4. INVENTOR 21
4.5. ELCAD 22
4.6. AUTOCAD 24
4.7. REVIT 25
4.8. ENGINEERING BASE 26
5. SIEMENS ENERGY MANAGEMENT **27**
5.1. TRANSMITION SOLUTIONS 27
5.1.1. LOD (Level Of Development) 28
5.1.2. DIMENSIONES BIM 29
5.2. DIGITAL GRID 30
5.2.1. Implementación del BIM en subestaciones eléctricas 32
6. METODOLOGÍA **33**

7. DESARROLLO DE LA PASANTIA 34
7.1. UNIDAD TRANSMISSION SOLUTIONS: 34
7.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS EN LA UNIDAD TRANSMITION SOLUTIONS "TS" 35
7.2.1. Manejo de bases de datos 35
7.2.2. Modelamiento de equipos y elementos de ingeniería primaria 40
7.2.3. Optimización por símbolos 49
7.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS EN LA UNIDAD DE TRABAJO DIGITAL GRID 52
7.3.1. Implementación y elaboración de instructivos de script 53
7.3.2. Elaboración de equipos en el software Engineering Base 56
7.3.3. Resultado fuente de corriente QUINT PS 100 240AC/24DC/10 – 2938604 60
7.3.4. Protección contra sobretensiones para fuentes de corriente DC (SPD clase II, tipo 2) 64
7.3.5. 3UG4582-1AW30 (Relé de detención de aislamiento) 69
7.3.6. Bases de datos de equipos 74
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS 76
8.1 MODELAMIENTO DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE INGENIERA PRIMARIA 76
8.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA UNIDAD DG 77
9. ALCANCES E IMPACTOS DE LA PASANTÍA 79
10. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTÍA 80
CONCLUSIONES 81
11.1. RECOMENDACIONES 82
BIBLIOGRAFIA 83
ANEXOS 85

LISTA DE FIGURAS

1. Procedimiento de diseño de subestaciones
2. Diagrama unifilar general
3. Tres elementos clave para las infraestructuras del futuro
4. Productos de diferentes campos(dispositivos, Automatización, Seguridad) que implementan metodología BIM
5. Digitalización con BIM
6. Elementos de la construcción de infraestructura
7. (a) Directrices del software ELCAD
   (b) Directrices del software ELCAD
8. Plan de implantación de metodología
9. Proceso de diseño en REVIT, actividad realizada durante la pasantía
10. Visión general de Engineering Base
11. Planificación relacionada con el ciclo de vida típico de un proyecto en Transmition Solutions de Siemens.
12. Dimensiones BIM
13. Niveles LOD de BIM
14. Soluciones inteligentes de archivo de datos para redes inteligentes y digitales.
15. Bus de proceso y Ciberseguridad BIM
16. Documentación y almacenamiento de información por áreas de trabajo
17. Subcarpetas de fabricantes de equipos para S/E
18. Ejemplo de la organización dentro de una carpeta de un CT.
19. Ejemplo de clasificación de un equipo dentro del sofware con su respectivo código de indentificación
20. Hoja de características del CT en la base de datos de TS
21. LOD 200 para un transformador de 45Kv
22. Parametrización del transformador
23. Características relevantes del transformador
24. Hoja de características del equipo suministrada por el proveedor
25. Seccionador tripolar 115 kV
26. Seccionador tripolar, vista superior del plano
27. Seccionador monopolar
28. Aislador tipo poste
29. Configuración final del seccionador
30. Simulación del seccionador a diferentes niveles de tensión
31. Casetas de tableros de control
    a) Vistas superior y lateral
    b) Plano
32. Vista 2D y 3D del transformador de 165 KV
33. Vistas del CT
34. Simbología en la unidad de Transmition Solutions
35. Diagrama de flujo del trabajo en el software EB – Table para creación de macros
36. Creación inicial de la macro en el software EB-Table
37. Jerarquia de la información para el diagrama Z de equipos
38. Organización interna para especificaciones del equipo
39. Realización del Esquema del equipo para utilizar en Revit
    a) Edición en Microsoft Visio del equipo

b) Detalles de conexionado para el equipo

40. Organización y uso de plantillas
41. Visualización del diagrama Z en el software Microsoft Visio
42. Clasificación de los diagramas Z
43. Fuente de alimentación en corriente continua QUINT POWER
44. Esquema de funcionamiento de la fuente QUINT POWER
45. Información jerárquica del equipo
46. Diagrama Z del circuito
47. Disposición final del equipo dentro del software
48. Protección contra sobretensiones para fuentes de corriente DC (SPD clase II, tipo 2)
49. Esquema de conexionado para el equipo, suministrado por el fabricante
50. Organización de la información de acuerdo a su conexionado
51. Elaboración del diagrama Z
52. Disposición final del equipo dentro del software
53. Implementación de la protección dentro de un sistema eléctrico
54. Relé de vigilancia de aislamiento para redes
55. Puntos de conexionado del equipo
56. Diagrama funcional del relé de vigilancia de aislamiento para redes
57. Designación de la ubicación del equipo dentro del software
58. Diagrama eléctrico del equipo (Z)
59. Disposición final del equipo para su utilización dentro del software
60. Empleo del relé de detención de aislamiento
61. Catálogos de las bases de datos en la compañía
62. Directrices de organización dentro de la empresa
63. Ventajas de implementación de la metodología BIM en los proyectos

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Organización y depuración de Bases de datos de Siemens
Tabla 2. Listado de fabricantes proveedores para Siemens
Tabla 3. Organización final de la base de datos
Tabla 4. Especificaciones de un equipo para diferentes niveles de tensión
Tabla 5. Digitalización de especificaciones técnicas para diferentes equipos
Tabla 6. Organización de los equipos dentro del software
Tabla 7. Instructivo para generación de listado de conexionado, Multiconductores.
Tabla 8. Configuración de la macro en EB-Table
Tabla 9. Esquema del equipo en la unidad DG
Tabla 10. Instructivo para generación de listado de equipos
Tabla 11. Especificaciones Técnicas de la fuente QUINT POWER
Tabla 12. Datos digitalizados de acuerdo a las especificaciones del equipo
Tabla 13. Datos digitalizados de acuerdo a las especificaciones del equipo
Tabla 14. Especificaciones Eléctricas del equipo suministradas por el fabricante
Tabla 15. Digitalización de la información del equipo
Tabla 16. Puntos de conexión y especificaciones del Relé de vigilancia de aislamiento para redes
Tabla 17. Ficha técnica del relé de vigilancia de aislamiento para redes
Tabla 18. Listado de equipos organizados y digitalizados durante el desarrollo de la pasantía

ABREVIATURAS

Abreviatura	Término
BIM	Building Information Modelling
DG	Digital Grid
TS	Transmition Solutions
EB	Engineering Base
CAD	Computer Aided Desing
S/E	Subestación Eléctrica
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia
AEC	Architecture, Engineering and Construction
ELCAD	Electrical Computer Aided Desing
LOD	Level Of Desing
IoT	Internet Of Things
CT	Current Transformer
PT	Power Transformer

INTRODUCCIÓN

El mundo actual está en desarrollo y crecimiento exponencial generando gran demanda de recursos, asimismo los procesos y desarrollos tecnológicos son cada vez más robustos. El reto que tiene Siemens es responder con excelentes productos a las diferentes demandas que involucran el sector energético, siendo éste un pilar fundamental para el desarrollo local, nacional e internacional. En este documento se da a conocer como se integran diferentes organismos, profesionales y procesos dentro de un mismo contexto para el desarrollo de un proyecto.

Las unidades de Siemens como Digital Grid y Transmition Solutions han estado trabajando en la implementación de la metodología BIM y el desarrollo de instructivos que permitan integrar los proyectos. Tenerlos de gran calidad, con bajo costo y en el menor tiempo posible pues el movimiento industrial actual se desarrolla bajo éstas premisas.

Dentro de dichas unidades de desarrollo se generan instructivos, modelos de equipos, caracterizaciones y diferentes especificaciones técnicas con el fin de que al integrar todo un conjunto de elementos del proyecto se tenga a disposición cualquier variable para así tener clara certeza de cuáles son los cambios efectuados, como se comporta la infraestructura y cuales mejoras hay que hacerle a la misma. Todo lo anterior en tiempo real, desde el diseño, construcción hasta la operación garantizando excelentes resultados para la compañía.

La ingeniería primaria y secundaria para el diseño de subestaciones eléctricas integra todos los procesos anteriormente nombrados dentro de la Metodología BIM, es por eso que la pasantía expuesta en este documento da una visión general de los procesos llevados a cabo durante la misma y encaminamiento que tuve como practicante hacia la innovación y pensamiento digital en este mundo conectado a la red.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Desarrollar modelos adaptativos que definan equipos o elementos que hacen parte de un desarrollo de una ingeniera primaria y secundaria de una subestación eléctrica de alta tensión.

1.2 Objetivos Específicos

- Establecer un proceso metodológico que estandarice la creación y empleo de plantillas que sean la base del desarrollo de las ingenierías primaria y secundaria de proyectos de subestaciones eléctricas de alta tensión.
- Implementar los procesos estructurados que permitan mayor eficiencia en tiempo y estandarización del desarrollo de las ingenierías primaria y secundaria de subestaciones eléctricas.
- Gestionar información de manera autónoma durante el desarrollo de modelos de equipos en la ingeniería de detalle de proyectos en subestaciones eléctricas de alta tensión, sistematizando ciertos procesos de diseño conceptual, diseño detallado y documentación orientados a una estructura BIM (Building Information Modeling).

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las unidades de negocios **Digital Grid** y **Transmition Solutions** de la división de **Siemens Energy Management**, tienen equipos de trabajo en los procesos de ingeniería primaria y secundaria dentro de los cuales se desarrollan los procedimientos adecuados en el área eléctrica, civil y electromecánica para la planeación, diseño, construcción y ejecución de subestaciones de alta tensión; Siendo un trabajo colaborativo donde interactúan diferentes campos profesionales como la ingeniería electromecánica, civil, de control y protección, y especialmente la Ingeniería Eléctrica.

El alcance de Siemens comprende más allá del equipo de alta tensión y elementos de control y protección. Incluye todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento y operación de las subestaciones, como celdas media tensión, transformadores, equipos para la automatización, comunicación y monitoreo de condiciones, además del suministro y distribución de energía para servicios auxiliares de las subestaciones de alta tensión.

Para entregar productos de la más alta calidad y cumpliendo con los requerimientos del cliente se debe llevar a cabo un protocolo de ingeniería en donde se parte de una oferta, seguida por una ingeniería básica para posteriormente llegar a la ingeniería de detalle.

Durante la fase de ingeniería del proyecto se es necesaria la inclusión de los diferentes equipos que pueden hacer parte en una subestación eléctrica dependiendo de los requerimientos del cliente, ajustados a las normas nacionales e internacionales y las características operativas de la misma. Lo anterior hace indispensable el desarrollo de modelos adaptativos que definan dichos equipos o elementos que hacen parte de un desarrollo ingenieril, buscando que se integren a la estructura BIM.

3. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento de demanda en energía eléctrica de los últimos años ha resultado en la necesidad de extender las líneas eléctricas al tiempo que modifica el sistema eléctrico de potencia, de ahí, que en la actualidad los diferentes software y herramientas permiten la optimización de recursos, mayor eficiencia y reducción de tiempo desde la idea hasta la construcción de las subestaciones al mismo tiempo que facilita la interacción de los diferentes profesionales que deben intervenir en la obra para la ingeniería primaria y secundaria de la misma; principalmente los ingenieros eléctricos, mecánicos y civiles. Se plantea la creación de modelos o plantillas en el software Revit para la ingeniería primaria y secundaria de una subestación para aquellos equipos que son utilizados en su diseño.

Siendo que la empresa Siemens S.A tiene como valor agregado ir en busca de la innovación y adaptación a las nuevas tecnologías, como proceso de transformación y adaptación con el software de diseño **Engineering Base**, el cual busca establecer una metodología para el desarrollo de plantillas o equipos que permitan ser usados en ingenierías ofreciendo un notable incremento en la productividad y proporcionando así una base para diseños mejor coordinados, simultáneamente creando una base de datos unificada para ser utilizada por los ingenieros especialistas de cada una de las áreas que intervienen en los diferentes proyectos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

El concepto de modelado hace mención a una definición amplia y general la cual se refiere a tomar información del mundo real, convertirla en formatos digitales y usar dicha digitalización para realizar análisis matemáticos, además de entender cómo se relacionan diferentes objetos y/o estructuras. Pero antes, ¿De dónde vienen y hacia dónde van las nuevas tendencias, en lo que se refiere a modelado de estructuras?

Con el desarrollo del software CAD (computer aided desing) o dibujo asistido por computador, en español. Como herramienta que ha venido evolucionando de forma secuencial de acuerdo a las necesidades y retos que se presentan, ha permitido en los últimos años modelar desde pequeños dispositivos hasta aplicaciones más complejas en las grandes industrias, cabe anotar que la evolución de las nuevas tecnologías día a día exigen mayor eficiencia e innovación en los productos por lo que se ha venido mejorando la interfaz del software hasta llegar a tener toda la información en la nube y con la ventaja de acceder desde el entorno de trabajo o de forma remota.

Un aspecto esencial que se ha transformado a nivel social ha sido la forma de trabajo, ya que las nuevas generaciones demandan un entorno laboral más agradable y con exigencias flexibles en cuanto a horarios, tornándose en trabajo desde casa o lo más conocido como FreeLancer, adicionalmente los nuevos entornos globales de trabajo se han direccionado en la interacción de diferentes agentes y/o profesionales en búsqueda de un mismo objetivo.

Todo lo anterior integrado en todo un conjunto a nivel profesional y en proyectos de infraestructura ha dado como resultado el BIM (Building Information Modeling) el cual va más allá de tener una estructura en tercera dimensión, transcendiendo a una réplica virtual del proyecto con sus características físicas y técnicas llevando un proceso real de la construcción. Además, analiza el contexto en el cual se desarrolla el proyecto y con la gran ventaja de que los diferentes actores que intervienen en las diferentes etapas del proyecto van a trabajar de forma colaborativa dentro de un mismo entorno dando como resultado la reducción de tiempos, por supuesto optimizando el resultado, al tener control de cambios y ajuste general automático de la estructura de los diferentes variables modificadas en el software.

La aproximación integrada del modelo, BIM no solo ofrece un significante incremento en la productividad sino que sirve como base para diseños mejor coordinados y para procesos de construcción basado en el modelo central coordinado. Esto indica que la herramienta de creación BIM debería cubrir completamente el flujo de trabajo BIM independiente del cambio o evolución de las y/o de flujos de trabajo en cada proyecto. Por lo tanto, es una cuestión vital si el diseño, la documentación, la realización y el

funcionamiento de la subestación eléctrica son soportados por la herramienta BIM, empezando por el diseño conceptual hasta la documentación del mismo, pasando por construcción, administración, gestión de la construcción y finalmente, la gestión de instalaciones. [1]

Durante el proceso de ingeniería de diseño de subestaciones de alta tensión, la empresa Siemens S.A. está integrando el concepto de modelo BIM, donde actualmente el flujo de datos entre las dos unidades de negocios se realiza a través de la red interna de la empresa, el Modelo BIM se contempla en la unidad de negocios Transmition Solutions, la cual busca la integración de ambas unidades en el desarrollo de la ingeniera que se lleva a cabo en el diseño eléctrico ya sea aplicado para la ingeniería básica o de detalle, siendo capaz de hacer una gestión optima de cambios, puesto que los datos se almacenan en un lugar central en un modelo (BIM) cualquier modificación del diseño se replicará automáticamente en cada documento de reporte, tales como planos de planta, secciones alzados, tablas etc.

Como definición de BIM y una mirada superficial se identifica que este software no sólo ayuda a la creación de la documentación de forma más rápida sino que también proporciona la garantía de calidad rigurosa en la coordinación automática de los diferentes puntos de vista. [1]

4.1.1. Diseño de subestaciones

Una Subestación Eléctrica es un punto del Sistema Eléctrico de Potencia SEP, en el cual se trasforman algunas variables como la Tensión, Corriente o Frecuencia de acuerdo a las necesidades del punto donde se diseña y construye. Las tres características primordiales que se deben tener en el diseño de subestaciones eléctricas para garantizar la calidad del servicio que presta son: Seguridad, Confiabilidad y Flexibilidad.

A pesar de que estas variables no se pueden tener a perfección para un funcionamiento ideal en la subestación, las diferentes configuraciones de los equipos constitutivos de la misma permiten que dichas variables se puedan ajustar para brindar la mejor calidad de servicio; sin perder de vista que esto se logra de acuerdo a la ubicación de los equipos pero depende de la función específica que va realizar la S/E en el SEP.

“Hoy en día, la aplicación de tecnologías de punta y del estado del arte permite incrementar la confiabilidad y la disponibilidad de las subestaciones tanto para la actualización o extensión de subestaciones existentes como para la construcción de subestaciones nuevas, basándose en la utilización de modernos sistemas de control, monitoreo y protección, así como en el empleo de soluciones innovadoras relativas a los equipos de las subestaciones; No puede dudarse tampoco de la mentalidad ambientalista de las nuevas generaciones así como de las normas y reglamentos estatales, imponen cada vez más unos diseños de subestaciones orientados a producir el menor impacto posible” [2]

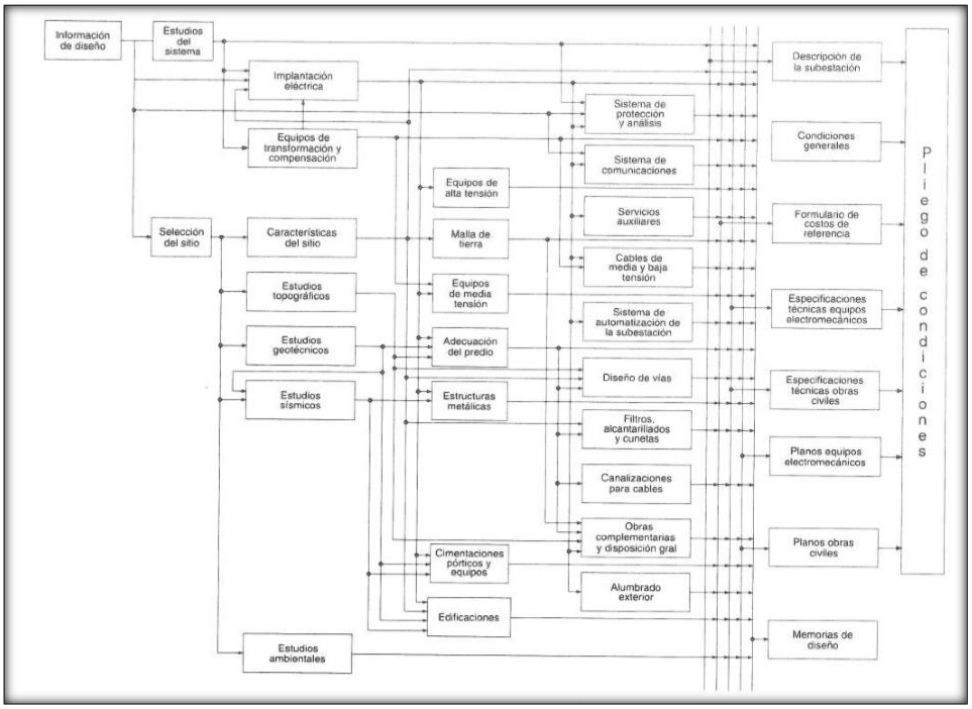


Fig. 1 Procedimiento de diseño de subestaciones [2]

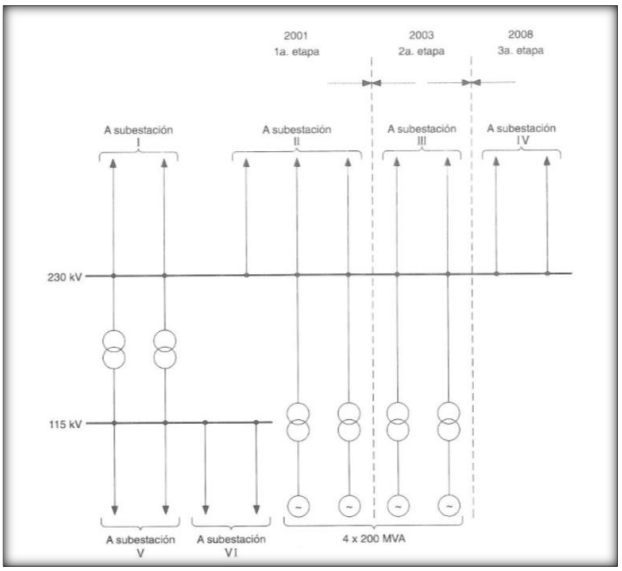


Fig. 2 Diagrama unifilar general **[2]**

4.1.2. Estudios y obras civiles

La adecuación del predio y la construcción como tal de la S/E hace referencia a las obras civiles dentro de las cuales es posible cuantificar un presupuesto con mayor exactitud. Razón por la cual es necesario conocer con detalle las características del lugar en el cual se va integrar la S/E, es por eso que la información se debe recolectar con detalle y que permite hacer los diseños electromecánicos y civiles. Dentro de los estudios que se deben hacer para recolectar dicha información son:

- Estudios topográficos
- Estudios geotécnicos
- Estudios Sísmicos
- Aspectos Ambientales
- Urbanización y disposición física
- Equipos de transformación y compensación
- Equipos de media tensión
- Malla de tierra
- Sistemas de protección y análisis de fallas
- Sistemas de telecomunicaciones
- Servicios auxiliares
- Sistemas de automatización
- Estructuras metálicas
- Adecuación del predio
- Diseño de obras civiles
- Edificaciones
- Servidumbres y vías de acceso[2]

4.2. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

Es una plataforma unificada que conecta los datos de cualquier proyecto en tiempo real desde el diseño hasta la construcción, lo que fortalece la toma de decisiones informada y lleva a resultados más predecibles y rentables.

El modelo virtual también brinda la capacidad de simular todos los aspectos del edificio, como la seguridad, la comodidad del edificio y la eficiencia energética, durante todas las fases del ciclo de vida del edificio. La salud y el bienestar de los trabajadores de la construcción dependen de estos factores. Al aumentar la transparencia, el riesgo se puede minimizar para los inversores, propietarios y operadores. [3]

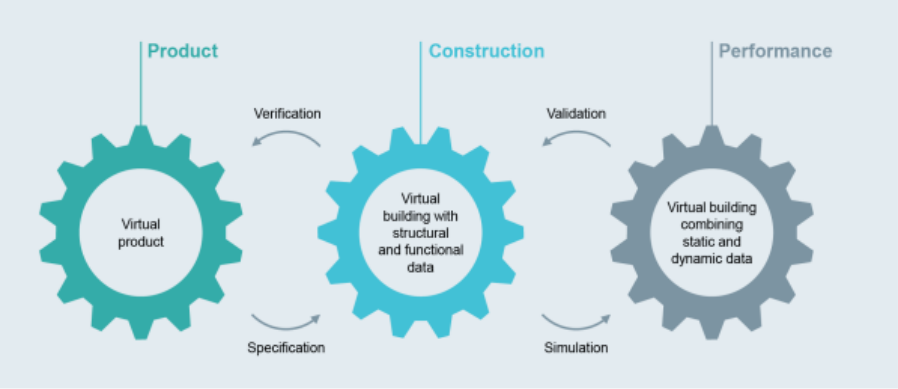


Fig. 3 Tres elementos clave para las infraestructuras del futuro [4]

4.3. BIM EN SIEMENS

Siemens como compañía ofrece excelentes servicios y productos gracias a la capacidad de sus profesionales, los cuales son altamente capacitados en las diferentes áreas que siempre están en la búsqueda de responder adecuadamente las necesidades del cliente con innovación y tecnología. Es por eso que el diseño de subestaciones combina procedimientos normalizados y bases de datos mediante la metodología BIM para la construcción de subestaciones permitiéndole a los profesionales que interviene mejorar la capacidad de respuesta ante las posibles eventualidades durante el diseño y construcción de la misma. Evidentemente, se reducen tiempos y costos al mismo tiempo que hay un alto aumento de calidad en el resultado de los proyectos como aprendizaje de los diferentes diseñadores de subestaciones en la interacción en tiempo real con otros profesionales mediante la metodología BIM.

4.3.1 Siemens

Es una compañía líder a nivel global que ofrece soluciones con excelencia en ingeniería, innovación, calidad, confiabilidad y la internacionalidad por más de 165 años. La compañía está activa en más de 200 países, centrándose en las áreas de electrificación, automatización y digitalización. Es uno de los mayores productores mundiales de tecnologías de ahorro de energía y ahorro de recursos; Siemens es un proveedor líder de soluciones eficientes de generación y transmisión de energía, pionero en soluciones de infraestructura, así como soluciones de automatización, unidades y software para la industria. [5]



Fig. 4 Productos de diferentes campos (dispositivos, Automatización, Seguridad) que implementan metodología BIM [6]

4.3.2 Siemens y la era de la digitalización

La digitalización está abriéndose camino en la industria de la construcción a través del modelado de información de construcción (BIM). **BIM** es un proceso asistido digitalmente para planificar, construir y operar

estructuras; está dando a las grandes industrias un fuerte aumento de la productividad y se espera que gane en importancia con el tiempo. Ahora, la división de tecnologías de construcción de Siemens ha desarrollado material de datos BIM adecuado para este método de planificación.

El futuro de la industria de la construcción es digital y Siemens está impulsando con éxito la digitalización de la infraestructura. Con su enfoque holístico y una amplia experiencia respaldada por tecnologías de vanguardia, crean el lugar perfecto para todos los interesados. Así es como se asegura de que las partes interesadas alcancen sus objetivos comerciales individuales. [7]

4.3.3. BIM Está cambiando la forma en que se construye, colabora y operan las infraestructuras

Al igual que con cualquier otro aspecto de nuestras vidas, la digitalización está transformando todo el ciclo de vida del edificio. Esta transformación presenta oportunidades de gran alcance. Si bien BIM claramente permite planificar y construir edificios con mayor conocimiento, también crea beneficios significativos que se obtienen durante la fase de operación. Con la experiencia en innovación de Siemens y sus profesionales dispuestos para generación de oportunidades se proyecta el aumento y la rentabilidad durante todo el ciclo de vida las estructuras resultando en ventajas medibles para los inversores, planificadores, contratistas, inquilinos y operadores. [8]



Fig. 5 Digitalización con BIM [9]

4.3.4. BIM e ingeniería digital en el contexto social

El edificio no es solo una entidad que aloja el negocio, sino que también se convierte en una parte integral de la identidad comercial y social. La digitalización de la industria de la construcción podría proporcionar las herramientas no solo para hacer que el edificio esté activo, sino también para que los usuarios puedan interactuar con él de una manera más

productiva y eficiente que antes no se consideraba. En el futuro, los edificios se centrarán cada vez más en personas, espacios y servicios.

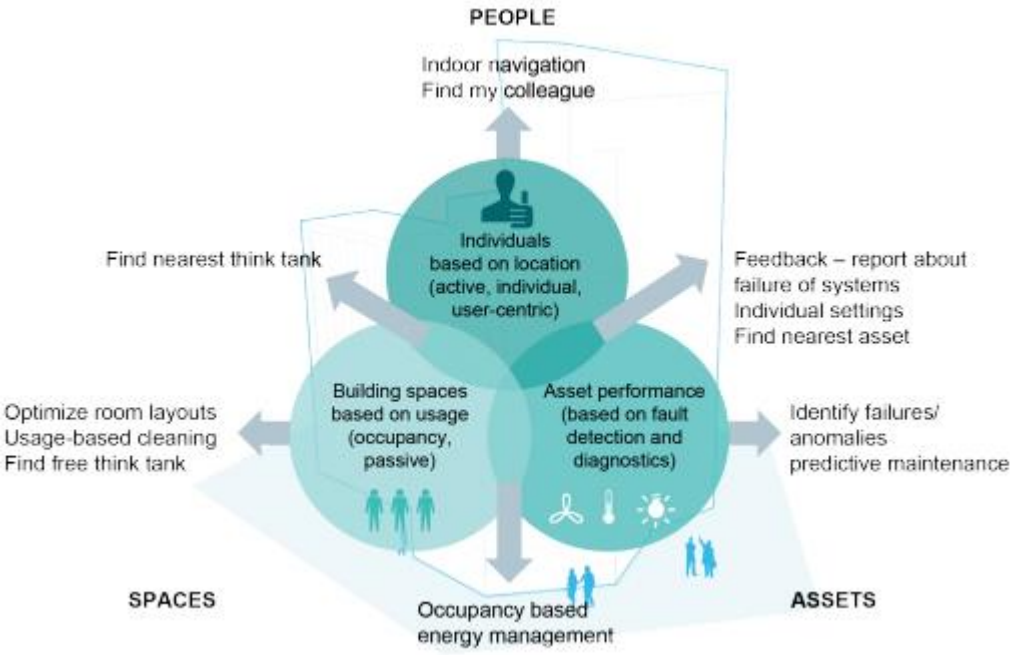


Fig. 6 Elementos de la construcción de infraestructura [10]

4.4. INVENTOR

El software Autodesk® Inventor® proporciona a los ingenieros y diseñadores una solución de calidad profesional para el diseño mecánico en 3D, simulación, visualización y documentación. Autodesk Inventor incluye potentes herramientas de modelado, así como capacidades de traducción Multi-CAD y dibujos DWG™ estándar de la industria. Ayudándole a reducir los costos de desarrollo, llegar al mercado más rápido y hacer excelentes productos. Este software brinda servicios como modelado flexible, automatización sin necesidad de tener complejos códigos con enfoque en el diseño y no en la interfaz, ademas de perfeccionar la eficiencia en ingeniería y diseño entre ellos de subestaciones eléctricas de Alta Tensión. [11]

En siemens INVENTOR hace parte de los diferentes software utilizados para el diseño mecánico, eléctrico y estructural de subestaciones eléctricas de alta tensión. Y gracias a sus excelentes características en arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) en 3D es un actor importante para la aplicación en la metodología BIM en los proyectos que desarrolla la compañía.

4.5. ELCAD

CAD eléctrico es el producto fundador de AUCOTEC AG. Desde 1985, este software fue pionero en términos de adaptación flexible a los requisitos especiales de los clientes, donde otros tenían que aprobar; este software siempre era una buena opción. A principios de los años noventa, fue el primer CAD eléctrico con integración completa de WINDOWS y la interfaz correspondiente. Desde el cambio de milenio, la atención se ha centrado en aumentar la eficiencia en el proceso de documentación. ELCAD era versión por versión compatible con los datos y significa seguridad de inversión a largo plazo. Toda la filosofía operativa se centra en la intuición y la eficiencia. El cual siempre está mejorando su versión de Microsoft WINDOWS, el desarrollo continuo y la gestión de la calidad aseguran el rendimiento y la fiabilidad.

Todas las normas actuales para la documentación de sistemas de ingeniería eléctrica son compatibles y, debido a su flexibilidad, el sistema también se ha adaptado a muchas pautas corporativas y de la industria. ELCAD está siendo usado desde ingeniería mecánica, construcción de plantas y vehículos ferroviarios hasta centrales eléctricas. [12]

Dentro de la empresa Siemens se dispone de este software de diseño permitiendo buscar soluciones óptimas para el cliente, teniendo en cuenta que intervienen diferentes actores dentro del mismo proyecto lo que genera mayor confianza en la toma de decisiones al mismo tiempo que reduce la probabilidad de error.

Actualmente el software de diseño que utiliza Siemens es ELCAD, aunque ya está haciendo la migración para Engineering base, el manejo de toda la documentación interna la empresa se hace a través de unas directrices. Para el diseño y documentación de equipos y/o elementos que hacen parte de la ingeniería de subestaciones eléctricas, se tiene una tabla en ELCAD que define esas directrices dentro del software y que definen los equipos dentro de los planos. En la siguiente imagen se muestran algunos de ellos:

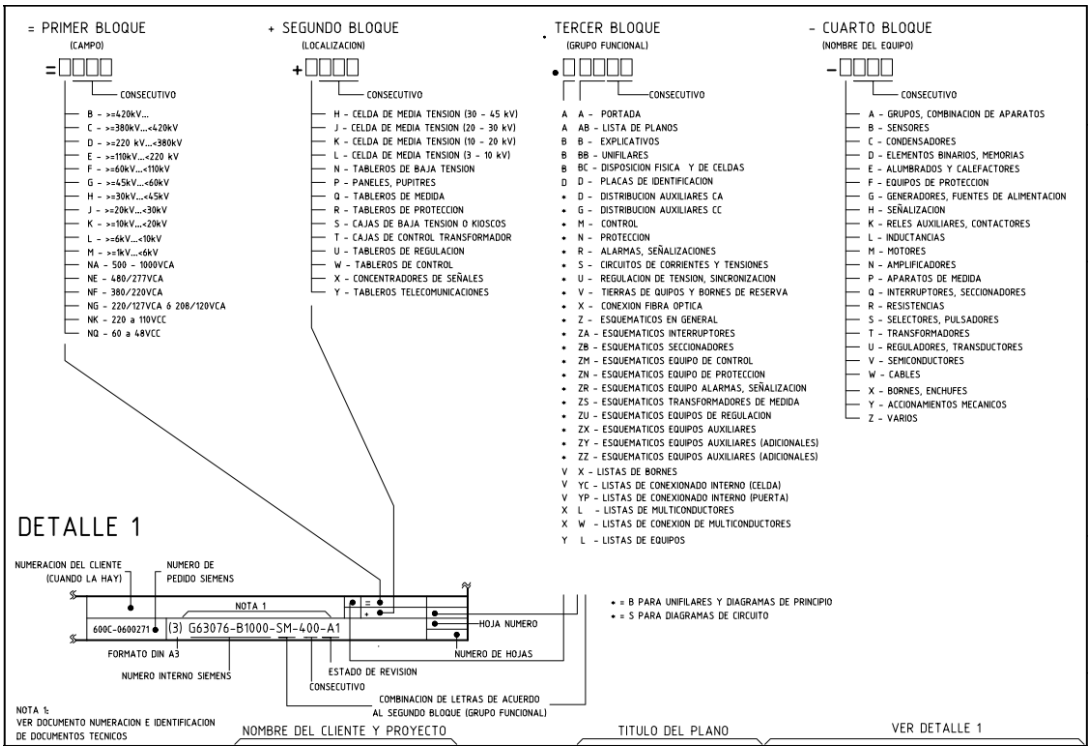
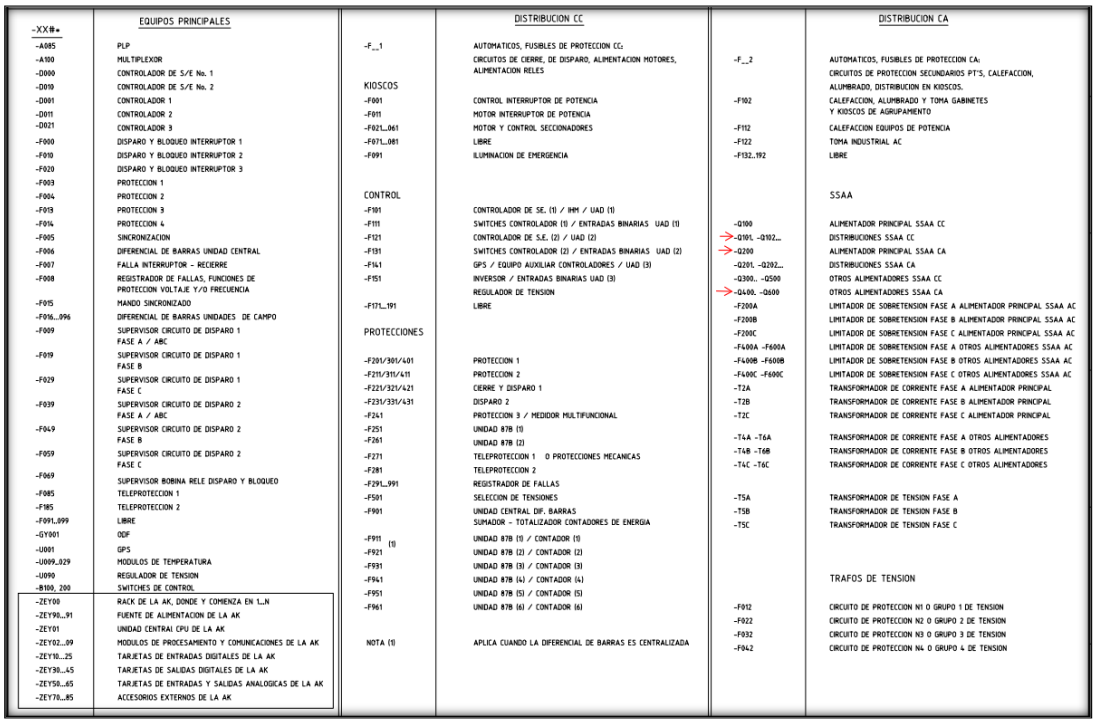


Fig. 7 (a) Directrices del software ELCAD [13]



-XX#*	EQUIPOS PRINCIPALES		DISTRIBUCION CC		DISTRIBUCION CA
-A085	PLP	-F__1	AUTOMATICOS, FUSIBLES DE PROTECCION CC:		
-A100	MULTIPLEXOR		CIRCUITOS DE CIERRE, DE DISPARO, ALIMENTACION MOTORES, ALIMENTACION RELES	-F__2	AUTOMATICOS, FUSIBLES DE PROTECCION CA:
-D000	CONTROLADOR DE S/E No. 1				CIRCUITOS DE PROTECCION SECUNDARIOS PT'S, CALEFACCION,
-D010	CONTROLADOR DE S/E No. 2	KIOSCOS			ALUMBRADO, DISTRIBUCION EN KIOSCOS.
-D001	CONTROLADOR 1	-F001	CONTROL INTERRUPTOR DE POTENCIA	-F102	CALEFACCION, ALUMBRADO Y TOMA GABINETES
-D011	CONTROLADOR 2	-F011	MOTOR INTERRUPTOR DE POTENCIA		Y KIOSCOS DE AGRUPAMIENTO
-D021	CONTROLADOR 3	-F021...061	MOTOR Y CONTROL SECCIONADORES	-F112	CALEFACCION EQUIPOS DE POTENCIA
-F000	DISPARO Y BLOQUEO INTERRUPTOR 1	-F071...081	LIBRE	-F122	TOMA INDUSTRIAL AC
-F010	DISPARO Y BLOQUEO INTERRUPTOR 2	-F091	ILUMINACION DE EMERGENCIA	-F132..192	LIBRE
-F020	DISPARO Y BLOQUEO INTERRUPTOR 3				
-F003	PROTECCION 1				
-F004	PROTECCION 2	CONTROL			SSAA
-F013	PROTECCION 3	-F101	CONTROLADOR DE SE. (1) / IHM / UAD (1)		
-F014	PROTECCION 4	-F111	SWITCHES CONTROLADOR (1) / ENTRADAS BINARIAS UAD (1)	-Q100	ALIMENTADOR PRINCIPAL SSAA CC
-F005	SINCRONIZACION	-F121	CONTROLADOR DE S.E. (2) / UAD (2)	-Q101, -Q102...	DISTRIBUCIONES SSAA CC
-F006	DIFERENCIAL DE BARRAS UNIDAD CENTRAL	-F131	SWITCHES CONTROLADOR (2) / ENTRADAS BINARIAS UAD (2)	-Q200	ALIMENTADOR PRINCIPAL SSAA CA
-F007	FALLA INTERRUPTOR - RECIERRE	-F141	GPS / EQUIPO AUXILIAR CONTROLADORES / UAD (3)	-Q201, -Q202...	DISTRIBUCIONES SSAA CA
-F008	REGISTRADOR DE FALLAS, FUNCIONES DE PROTECCION VOLTAJE Y/O FRECUENCIA	-F151	INVERSOR / ENTRADAS BINARIAS UAD (3)	-Q300, -Q500	OTROS ALIMENTADORES SSAA CC
			REGULADOR DE TENSION	-Q400, -Q600	OTROS ALIMENTADORES SSAA CA
-F015	MANDO SINCRONIZADO	-F171...191	LIBRE	-F200A	LIMITADOR DE SOBRETENSION FASE A ALIMENTADOR PRINCIPAL SSAA AC
-F016...096	DIFERENCIAL DE BARRAS UNIDADES DE CAMPO			-F200B	LIMITADOR DE SOBRETENSION FASE B ALIMENTADOR PRINCIPAL SSAA AC
-F009	SUPERVISOR CIRCUITO DE DISPARO 1 FASE A / ABC	PROTECCIONES		-F200C	LIMITADOR DE SOBRETENSION FASE C ALIMENTADOR PRINCIPAL SSAA AC
				-F400A -F600A	LIMITADOR DE SOBRETENSION FASE A OTROS ALIMENTADORES SSAA AC
-F019	SUPERVISOR CIRCUITO DE DISPARO 1 FASE B	-F201/301/401	PROTECCION 1	-F400B -F600B	LIMITADOR DE SOBRETENSION FASE B OTROS ALIMENTADORES SSAA AC
-F029	SUPERVISOR CIRCUITO DE DISPARO 1 FASE C	-F211/311/411	PROTECCION 2	-F400C -F600C	LIMITADOR DE SOBRETENSION FASE C OTROS ALIMENTADORES SSAA AC
		-F221/321/421	CIERRE Y DISPARO 1	-T2A	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE FASE A ALIMENTADOR PRINCIPAL
-F039	SUPERVISOR CIRCUITO DE DISPARO 2 FASE A / ABC	-F231/331/431	DISPARO 2	-T2B	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE FASE B ALIMENTADOR PRINCIPAL
		-F241	PROTECCION 3 / MEDIDOR MULTIFUNCIONAL	-T2C	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE FASE C ALIMENTADOR PRINCIPAL
-F049	SUPERVISOR CIRCUITO DE DISPARO 2 FASE B	-F251	UNIDAD 87B (1)	-T4A -T6A	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE FASE A OTROS ALIMENTADORES
		-F261	UNIDAD 87B (2)	-T4B -T6B	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE FASE B OTROS ALIMENTADORES
-F059	SUPERVISOR CIRCUITO DE DISPARO 2 FASE C	-F271	TELEPROTECCION 1 O PROTECCIONES MECANICAS	-T4C -T6C	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE FASE C OTROS ALIMENTADORES
		-F281	TELEPROTECCION 2		
-F069	SUPERVISOR BOBINA RELE DISPARO Y BLOQUEO	-F291...991	REGISTRADOR DE FALLAS		
-F085	TELEPROTECCION 1	-F501	SELECCION DE TENSIONES	-T5A	TRANSFORMADOR DE TENSION FASE A
-F985	TELEPROTECCION 2	-F901	UNIDAD CENTRAL DIF. BARRAS	-T5B	TRANSFORMADOR DE TENSION FASE B
-F091...099	LIBRE		SUMADOR - TOTALIZADOR CONTADORES DE ENERGIA	-T5C	TRANSFORMADOR DE TENSION FASE C
-GY001	ODF	-F911 (1)	UNIDAD 87B (1) / CONTADOR (1)		
-U001	GPS	-F921	UNIDAD 87B (2) / CONTADOR (2)		
-U009...029	MODULOS DE TEMPERATURA	-F931	UNIDAD 87B (3) / CONTADOR (3)		
-U090	REGULADOR DE TENSION	-F941	UNIDAD 87B (4) / CONTADOR (4)		
-B100, 200	SWITCHES DE CONTROL	-F951	UNIDAD 87B (5) / CONTADOR (5)		TRAFOS DE TENSION
-ZEY00	RACK DE LA AK, DONDE Y COMIENZA EN 1...N	-F961	UNIDAD 87B (6) / CONTADOR (6)	-F012	CIRCUITO DE PROTECCION N1 O GRUPO 1 DE TENSION
-ZEY90...91	FUENTE DE ALIMENTACION DE LA AK			-F022	CIRCUITO DE PROTECCION N2 O GRUPO 2 DE TENSION
-ZEY01	UNIDAD CENTRAL CPU DE LA AK			-F032	CIRCUITO DE PROTECCION N3 O GRUPO 3 DE TENSION
-ZEY02...09	MODULOS DE PROCESAMIENTO Y COMUNICACIONES DE LA AK	NOTA (1)	APLICA CUANDO LA DIFERENCIAL DE BARRAS ES CENTRALIZADA	-F042	CIRCUITO DE PROTECCION N4 O GRUPO 4 DE TENSION
-ZEY10...25	TARJETAS DE ENTRADAS DIGITALES DE LA AK				
-ZEY30...45	TARJETAS DE SALIDAS DIGITALES DE LA AK				
-ZEY50...65	TARJETAS DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALOGICAS DE LA AK				
-ZEY70...85	ACCESORIOS EXTERNOS DE LA AK				

Fig. 7 (b) Directrices del software ELCAD [13]

Como se puede observar para cada tipo de equipo existe una designación ya establecida, esto aplica para elementos como borneras, puentes, direccionamientos, Braker etc.

4.6. AUTOCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (CAD) en el que arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción utilizan para crear planos 2D y 3D con gran precisión.

- Diseña y edita geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla.
- Anota dibujos con texto, dimensiones, líderes y tablas
- Personalizar con aplicaciones adicionales y APIs

AutoCAD también incluye características específicas de la industria y objetos inteligentes para arquitectura, ingeniería mecánica, diseño eléctrico y muchas más, pero algunas de ellas son:

- Automatizar planos de planta, secciones y elevaciones.
- Permite dibujar tuberías, conductos y circuitos rápidamente con bibliotecas de piezas.
- Generación automática de anotaciones, capas, horarios, listas y tablas.
- Usa un flujo de trabajo basado en reglas para hacer cumplir con precisión los estándares de la industria.

Gracias a sus características de diseño también se posiciona como un actor indispensable durante el diseño y construcción de S/E de alta tensión, además de ser compatible para usarlo con la metodología BIM. Siemens no solo lo utiliza sino que lo tiene como aliado, evidentemente la familia AUTODESK es también de la familia Siemens ya que de la mano de sus productos y en conjunto trabajo se logran desarrollar grandes obras de infraestructura que aportan al desarrollo de la compañía, de la sociedad y en especial del país; porque ante grandes retos para la expansión de la red eléctrica colombiana con digitalización e innovación también se están abriendo puertas, creando historias y mejorando la calidad de vida de muchos hogares. Es por esto que Siemens le apuesta a mejorar sus servicios, a responder de la mejor calidad con personas que tienen cualidades y capacidades excepcionales.

En la siguiente imagen se refleja el aporte fundamental de familia AUTODESK en la implementación de la metodología BIM:

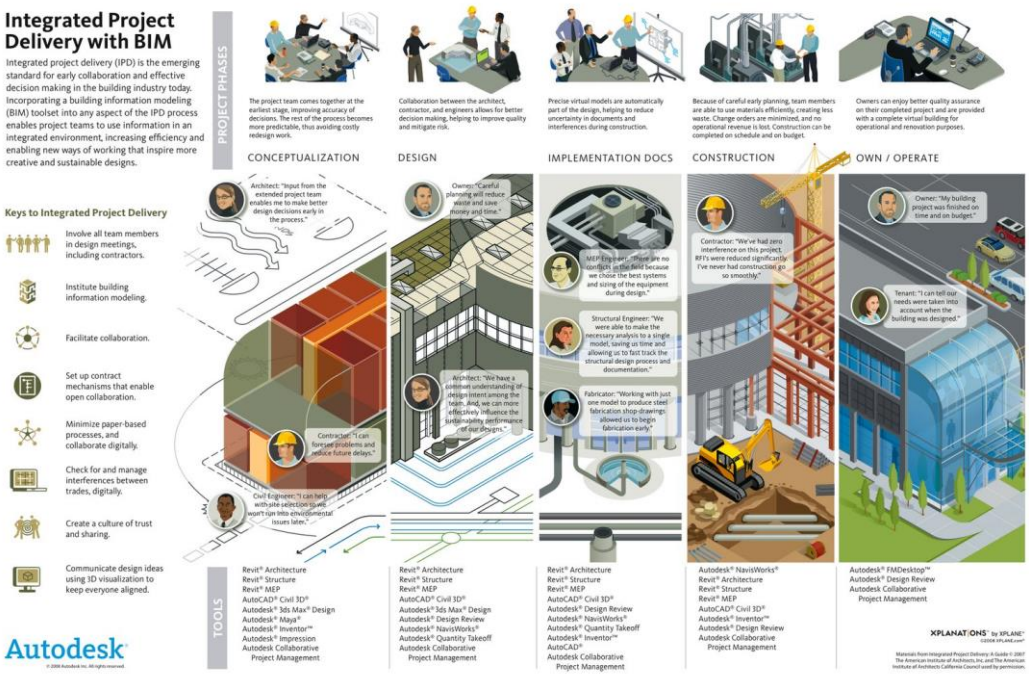


Fig. 8 Plan de implantación de metodología BIM [15]

4.7. REVIT

Este Software está diseñado específicamente para Building Information Modeling (BIM), el cual permite a los profesionales del diseño e ingeniería llevar un proceso coordinado desde el concepto a la construcción con un enfoque basado en modelos. Incluye la funcionalidad de todas las disciplinas en una interfaz unificada; Permitiendo el diseño y documentación mediante la generación de planos de planta, elevaciones, secciones, horarios, vistas 3D y representaciones. Optimiza el rendimiento de la estructura realizando estimaciones de costos y supervisión de los cambios y rendimiento durante la vida útil del proyecto y de la estructura con la extensión del diseño a la realidad virtual.

Revit es una plataforma BIM multidisciplinaria, puede compartir datos de modelos con ingenieros y contratistas dentro de Revit, lo que reduce las tareas de coordinación. [16]

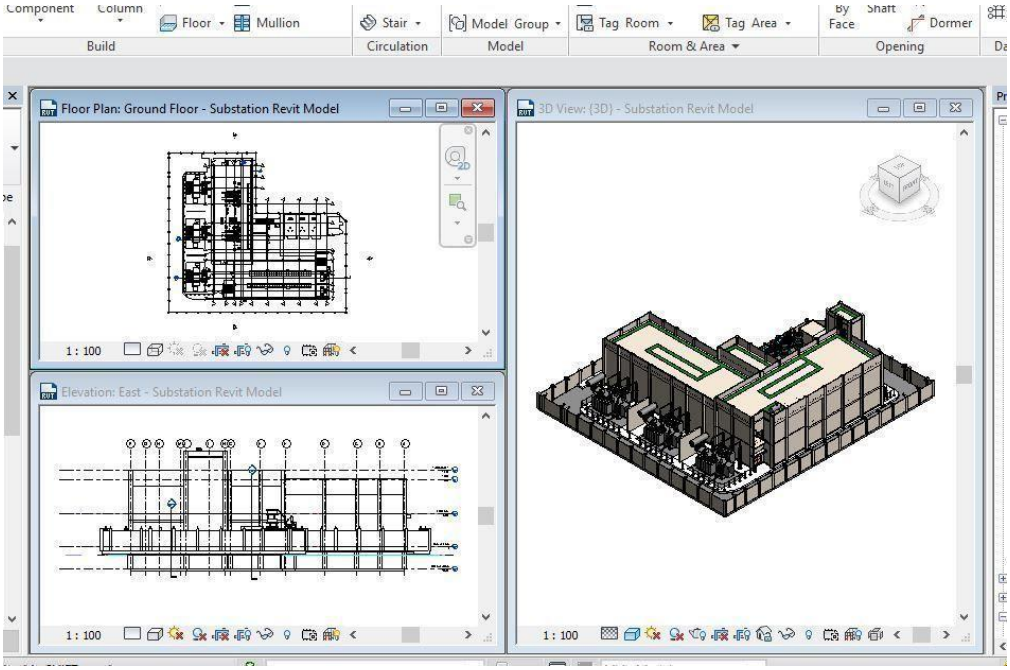


Fig. 9 Proceso de diseño en REVIT, actividad realizada durante la pasantía

En el desarrollo de la pasantía se hará la clasificación y ordenamiento dentro de la base de datos en específicamente para ingeniería primaria. Por lo cual es importante tener presente el concepto de familias en el software y a continuación se dará una explicación breve.

Las familias de Revit son todos los **elementos** que pueden ser **añadidos a un proyecto**, estas tendrán una serie de propiedades según el elemento que sea y la función que cumpla en el modelo; Es imprescindible saber que las familias no solo son elementos que componen el modelo, es decir, "simples elementos 3D", las familias contienen una serie de parámetros que serán los que den valor al modelo virtual, gracias a estos se pueden realizar análisis, mediciones, presupuestos y mucha más documentación esencial para la elaboración del proyecto [17]

4.8. ENGINEERING BASE

Engineering Base (EB) es la plataforma de ingeniería para una cooperación de ingeniería altamente eficiente. EB está orientado a objetos, con la base de datos SQL utilizada en las herramientas de ingeniería asistida por computadora (CAE) que ofrece ingeniería eléctrica, instrumentación y soluciones de energía para diferentes industrias.

Es un software cooperativo, simultáneo y consistente. Es ideal para las soluciones líderes de la industria y adaptada a diferentes segmentos. Todas las disciplinas cooperan con alta eficiencia en un modelo de datos flexible y extensible, en una base de datos central y confiable. Esta tecnología de software pionera garantiza una alta disponibilidad y un manejo intuitivo durante el proceso. Engineering Base es interoperable y abierto, para la integración en cualquier sistema de TI de la empresa. Es escalable desde

la solución empresarial internacional hasta la oficina de ingeniería más pequeña. [18]

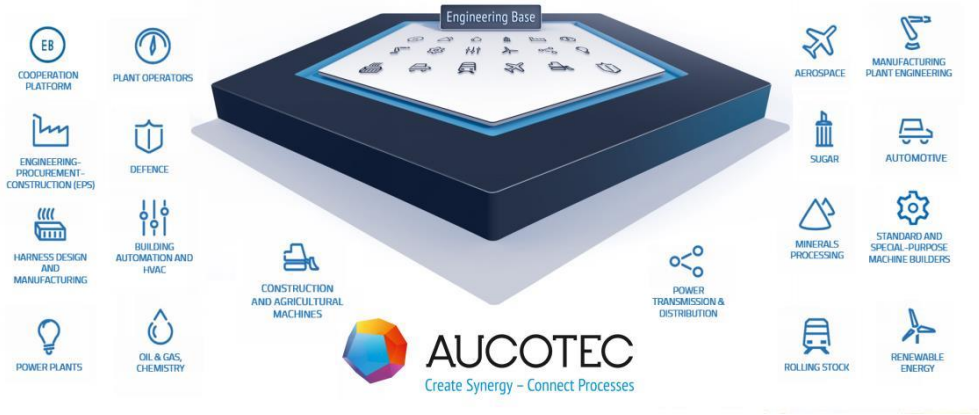


Fig. 10 Visión general de Engineering Base [19]

5. SIEMENS ENERGY MANAGEMENT

La División de Administración de Energía, es uno de los proveedores líderes mundiales de productos, sistemas, soluciones y servicios para la transmisión y distribución de energía eléctrica. Ofrece instalaciones y sistemas para el nivel de red eléctrica de baja tensión y distribución, redes inteligentes y sistemas de transmisión de alta tensión; sistemas de almacenamiento de energía y soluciones para sistemas de energía descentralizados. Dentro de su línea de negocios tiene varias unidades de negocios dentro de las cuales se encuentran **Digital Grid** y **Transmition Solutions.**

5.1. TRANSMITION SOLUTIONS

Siemens como líder mundial en soluciones de transmisión de energía y socio de confianza de entidades públicas y privadas, como los servicios públicos y los operadores de redes, y motivo por el cual siempre ha estado a la vanguardia de la innovación. Teniendo en cuenta una larga historia de proyectos de transmisión de potencia que marcan tendencia en todo el mundo y que han demostrado una y otra vez la confiabilidad y la calidad excepcional en productos, soluciones y servicios. Es por esto que son varios los factores que dominarán el mercado de la transmisión de energía en los próximos años, como: el impulso hacia la energía renovable, la expansión e interconexión de las infraestructuras de la red y la necesidad de reemplazar y mejorar gradualmente las infraestructuras de la red que están envejeciendo como la nueva construcción de subestaciones y sus respectivas tecnologías. De ahí que la compañía tiene una amplia oferta de productos y soluciones innovadoras para la transmisión de energía soportando de forma experta todas las transformaciones venideras. [20]



Fig. 11 Planificación relacionada con el ciclo de vida típico de un proyecto en Transmition Solutions de Siemens. [21]

En esta unidad se tiene la ingeniería primaria que parte con una oferta al cliente de acuerdo a las necesidades y/o requerimientos del mismo, donde se da inicio al ciclo del proyecto. En este grupo se tiene la necesidad de potenciar el software utilizado con el fin de reducir tiempos a través de platillas y modelos. Aunque se debe tener en cuenta la etapa y los cambios que se realizaran de forma secuencial. Dentro de esta área se maneja el LOD BIM, que se encarga de identificar la etapa en la que se encuentra el proyecto con la información respectiva y su representación en el software para continuar su elaboración y permitiendo realizar los cambios adecuados, resaltando los que posiblemente generen problemas en la infraestructura. Teniendo en cuenta que acá se van a ir agregando elementos en el diseño es necesario tener las bases de datos de cada dispositivo donde se especifique cada equipo con sus respectivas familias, categorías, características y su parametrización de tal modo que todo este registrado y se tenga todo el conocimiento posible del proyecto. Lo que significa que a mayor información mayor domino del proyecto y más cerca será su construcción virtual a la real.

5.1.1. LOD (Level Of Development)

LOD es la escala que informa de hasta qué punto se ha desarrollado un elemento del modelo, en cuanto a su geometría y la información relacionada con él. Adopta estándares internacionales para los niveles de LOD. Estos modelos de desarrollo están diseñados específicamente para varias etapas de diseño, visualización 3D, cantidades de calibre de

construcción, programación, estimaciones, control de producción en el sitio y fabricación. [22]

Los diferentes niveles se especifican a continuación:

- LOD 100: El elemento del modelo puede representarse gráficamente en el modelo con un símbolo u otra representación genérica, pero no cumple con los requisitos para el LOD 200. Información relacionada con el elemento del modelo (es decir, costo por pie cuadrado, tonelaje de HVAC, etc.) Se puede derivar de otros elementos del modelo.
- LOD 200: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto genérico con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
- LOD 300: el elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. también se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
- LOD 350: el elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. también se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
- LOD 400: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con información detallada, de fabricación, de ensamblaje y de instalación. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.
- LOD 500: El elemento modelo es una representación verificada en el campo (es decir, como se construyó) en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. También se puede adjuntar información no gráfica a los Elementos del Modelo. [23]

5.1.2. DIMENSIONES BIM

En Revit se totalizan distintos programas, lo cuales permiten desde una única herramienta integrar los procesos necesarios para la correcta gestión de los documentos, el modelamiento, simulaciones, estimación de tiempos, mantenimiento entre otros. La importancia radica en que todos están intercomunicados lo que representa que en caso de alguna modificación se aplicaría de forma automática a todo el proyecto y/o documentos autogenerados manteniendo la información relevante del proyecto.

Siendo que durante el ciclo de vida de un proyecto se atraviesan varias fases y como se dijo anteriormente, interactúan diferentes actores los cuales llegan a generar cambios en varios puntos del proyecto. Es por

esto que se identifican seis etapas en el desarrollo del proyecto con entorno BIM y son llamadas Dimensiones BIM. Las cuales se especifican a detalle por medio de la siguiente ilustración.

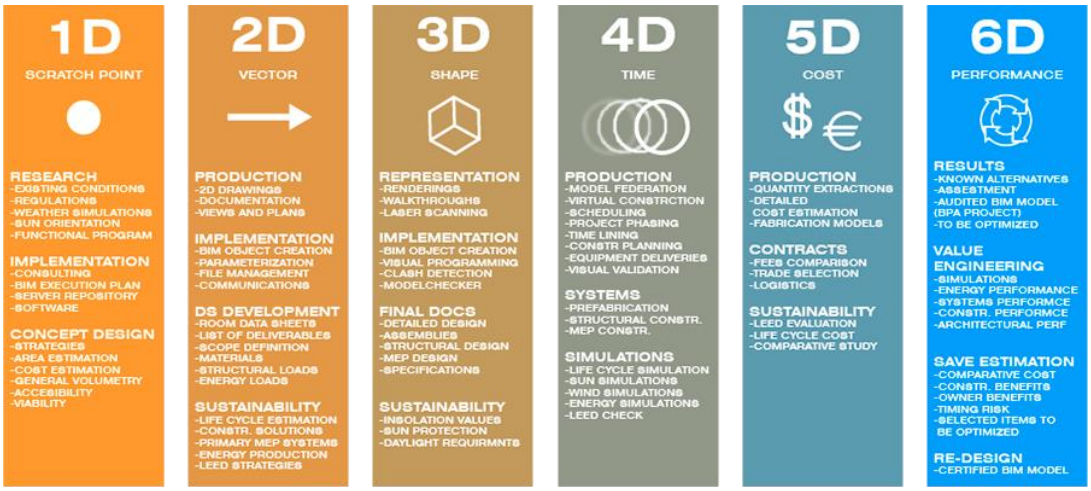


Fig. 12 (a) Dimensiones BIM, literal [24]

Por ejemplo:

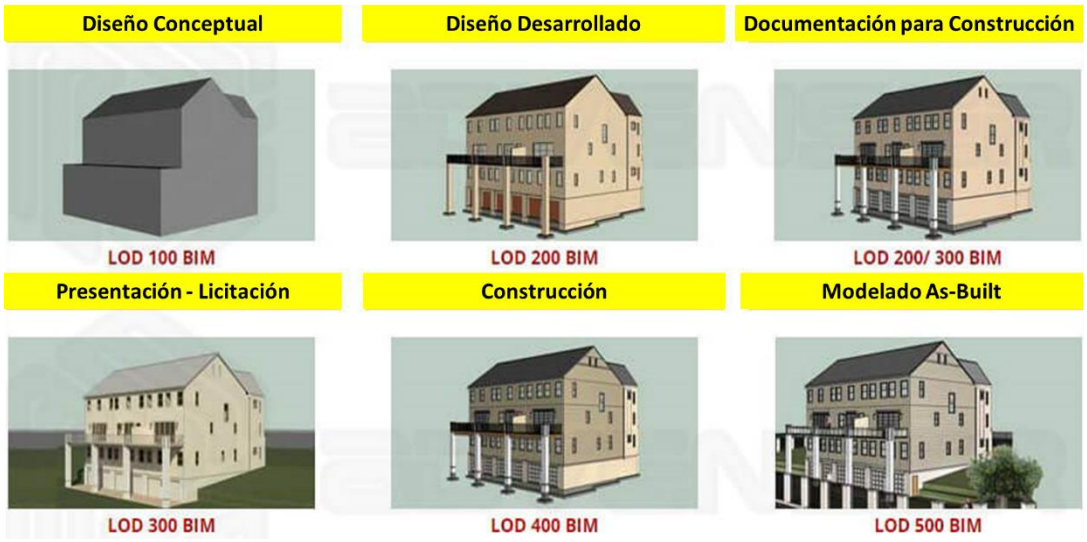


Fig. 13 Niveles LOD de BIM [24]

5.2. DIGITAL GRID

Los desafíos clave en los sistemas de energía actuales se derivan de una red cada vez más compleja a medida que la adaptación la creciente generación distribuida y almacenamiento de energía que requieres soluciones avanzadas. Los flujos unidireccionales se están convirtiendo en flujos multidireccionales de energía e información digital. Los servicios exigen ayuda sobre cómo administrar la cantidad de información digital siendo el resultado el IoT (Internet of Things) para hacer un mejor uso de la cantidad cada vez mayor de dispositivos. Los consumidores y

generadores demandan más información sobre su uso de energía y esperan orientación sobre cómo conservar la energía y reducir los costos. La complejidad resultante requiere un enfoque nuevo e integrado para brindar la tecnología de información y las soluciones de tecnología operativa adecuadas que respalden la transición a una red digital. [25]



Fig. 14 Soluciones inteligentes de archivo de datos para redes inteligentes y digitales. [26]

Siendo la unidad de Siemens la cual suministra y provee todo lo relaciona con control, protección y sistemas auxiliares de subestaciones además de los diagramas unifilares con los detalles de ingeniería básica, como son la alimentación AC y DC de la subestación, niveles de tensión, secuencia de maniobras, lógica de enclavamiento, lógica de re cierre, automatización, entre otras. Todo esto en conjunto se conoce como la ingeniería secundaria donde se detallan con mayor rigurosidad los requerimientos del cliente además del contexto donde se tendrá la infraestructura para que se articulen de la mejor manera buscando la optimización de recursos y eficiencia del proyecto. Con ayuda del software Engineering base, como programa de diseño en el cual se tienen los unifilares y hojas de especificaciones de cada equipo que será utilizado en la S/E además de información relevante con ayuda de scripts y macros. Estos Scripts se utilizan para la creación de instructivos como apoyo para la definición clara de los sistemas auxiliares y la ingeniería de detalle más adelante.

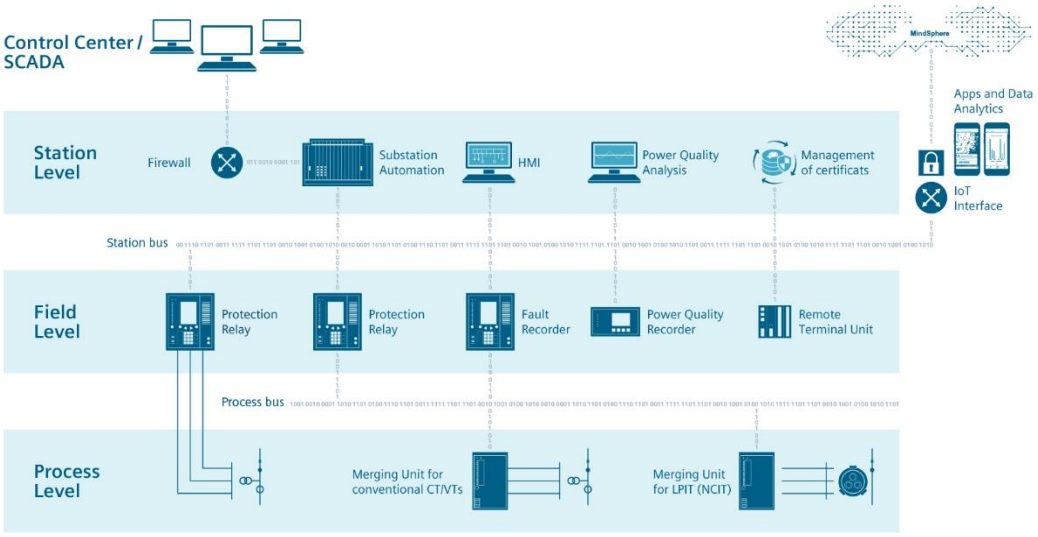


Fig 15. Bus de proceso y Ciberseguridad BIM [27]

5.2.1. Implementación del BIM en subestaciones eléctricas

Siendo que la metodología BIM se usa en la creación de todo tipo de proyectos de infraestructura que requieran de la interacción de distintos profesionales en diferentes áreas del conocimiento en especial de ingeniería y construcción, para este caso que se enfoca en el desarrollo de una pasantía de ingeniería eléctrica en la compañía Siemens la cual hace implementación del BIM en la creación del proyecto de una Subestación Eléctrica.

Pero antes….

La necesidad de S/E parte del crecimiento de la red eléctrica y la demanda exponencial en las grandes ciudades además del desarrollo de las industrias para atender la creciente población; De ahí, que se debe suministrar energía cada vez con mayor Seguridad, calidad, continuidad y confiabilidad. Por otro lado, la generación de energía está lejos de la demanda lo que exige la construcción de subestaciones eléctricas, como nodos esenciales del sistema eléctrico de potencia. Sin embargo, dicha edificación representa una cantidad de retos para los ingenieros en diferentes aspectos desde técnicos hasta sociales debido a los pequeños espacios que se disponen en las grandes ciudades para dicha aplicación.

Además, los profesionales que intervienen tienen la gran tarea de optimizar recursos y reducir tiempos creando soluciones óptimas pero teniendo en cuenta también, la normativa vigente en los diferentes escenarios. Finalmente, cabe destacar que el diseño y construcción requiere de grandes esfuerzos y trabajo en equipo, de ahí la gran utilidad del uso de la tecnología y este caso de la metodología BIM con el software REVIT el cual facilita en gran medida y reduce errores al tener el diseño de estructura en forma virtual y en tiempo real.

6. METODOLOGÍA

- Lo primero que se debe realizar es la identificación de cada una de las directrices de la empresa y la forma en la que se presentan los diferentes proyectos que son necesarias para llevar a cabo los procesos de diseño, seguido por unas capacitaciones en el software de diseño de energía primaria y secundaria “Engineering Base” y “Revit”.
- Con las capacitaciones culminadas se iniciará el levantamiento de bases de datos de los equipos y plantillas que hacen parte la ingeniería de diseño en el cual se revisara los manuales e interoperabilidad de dichos elementos con el fin de que si es necesario hacer una modernización o adaptación esta se haga mediante el uso del nuevo software.
- Posteriormente, se tiene planeado iniciar con la etapa de clasificación de equipos según su funcionalidad e identificar los requisitos que se tienen según se adapten a sus especificaciones técnicas.
- Teniendo en cuenta todo lo anterior se procederá a la realizar el desarrollo de esquemáticos y diagramas Z de los equipos utilizados en las ingenierías, y a completar la base de datos existente.
- Con el fin de entregar el proyecto consolidado, finalmente se realizará un entregable en donde se explique el procedimiento que se siguió para el desarrollo de los equipos y que sea el manual guía para el desarrollo de futuros modelos que se requieran en la alimentación continua de la base de datos del sistema.

7. DESARROLLO DE LA PASANTIA

Para el desarrollo de la pasantía se formularon unos objetivos a cumplir durante el periodo de la práctica, pero se el cumplimento de esas metas se lleva a cabo por medio de Actividades y son las que se indican a continuación:

- Desarrollo de plantillas para el desarrollo ingeniería primaria y secundaria.
- Desarrollo e implementación de código o sub-rutinas automatizadas para el desarrollo de Ingenierías de Subestaciones eléctricas en Engineering Base a través de EB-Table.
- Depuración y desarrollo de bases de datos de equipos y componentes electromecánicos.
- Apoyo en la creación de manuales y documentos guía, de los procesos establecidos.
- Apoyo durante el desarrollo de Ingenierías Básicas y detalladas de Subestaciones Eléctricas.
- Desarrollo de Memorias de Cálculo, Diagramas Unifilares y revisión de normas.

Siemens suministra productos y servicios de la más alta calidad e innovación estando a la vanguardia de las nuevas tecnologías y demandas que se generan a partir de los desarrollos tecnológicos y respondiendo a todos los retos comprendidos en cada una de las áreas donde interviene.
De ahí, se tiene la primera fase de la pasantía, en la cual se da la familiarización con los software necesarios para comprender la metodología que desarrolla Siemens como compañía. El fin de las diferentes capacitaciones es desarrollar habilidades que permitan al aprendiz proponer y generar cambios que optimicen el uso del software como aplicativo en los desarrollos de los futuros proyectos. Siendo herramienta fundamental en el desarrollo de nuevos proyectos.

7.1. UNIDAD TRANSMISSION SOLUTIONS:

En esta unidad el principal software utilizado y al cual se realizó varios cambios fue REVIT; siendo que es esencial en la metodología BIM fue necesaria la inclusión de varios equipos que aún no estaban disponibles para el uso en el diseño de subestaciones eléctricas y el cual se está mejorando para mayor ejecución de proyectos dentro de la empresa Siemens, pero trabajando en conjunto con otras herramientas de la familia Autodesk así como Engineering Base y E.B. Table que también son fundamentales para la aplicación de la metodología BIM en los proyectos que desarrolla la compañía. De este modo, es necesario el manejo de base de datos para la adición de dispositivos de acuerdo a diferentes características como familias y categorías con el fin de editar y utilizar de una forma más eficiente la información disponible. Lo anterior se llevó cabo porque hay gran cantidad de equipos que se utilizan en la subestación y siendo los mismos equipos tienen grandes diferencias al aplicarse para diferentes niveles de tensión; de ahí la necesidad de clasificar los diferentes dispositivos dentro del software. Sin perder de

vista que estamos dentro de una metodología BIM el cual se modifica en toda su estructura con los cambios que se vayan efectuando en la misma.

7.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS EN LA UNIDAD TRANSMITION SOLUTIONS “TS”

7.2.1. Manejo de bases de datos

Como compañía, **Siemens** emplea ciertos protocolos para el manejo de su información con directrices ya estipuladas desde su casa matriz en Alemania, razón por la cual cada unidad de negocios maneja sus propios productos pero todo bajo las mismas reglas y protocolos, es por esto que la función que tiene la unidad de negocios Transmission Solutions es la organización de equipos coherente, ajustándose a la necesidad que se presente.

Como paso consiguiente y para dar cabalidad al cumplimiento del tercer objetivo de la pasantía, después de haber recibido las respectivas capacitaciones y contextualización de los pasos a seguir como profesional en desarrollo fue entender y realizar la organización y depuración de las bases de datos que emplea la unidad de negocios dentro de la organización, para esto se hizo necesaria la aplicación de una estructura y categorización de equipos, modelos, brochures y documentación implementada en las fases del ciclo de ingeniera primaria.

En la siguiente imagen se observa la codificación que tienen los diferentes equipos utilizados en la ingeniería.

	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	PREVENDOR	TIPO	ETIQUETA	ETIQUETA INGLES	COMENTARIO
1							
2	1	2	3				
138	03			ST	Structure		
207	04			EQ	Equipment		
208	04	00			INTEGRADO / COMPACTO / COMPUESTO		
209	04	00		GIS	ENCAPSULADO		
210	04	00		HIS	HIBRIDO		
211	04	00		DTC	COMPACTO	DEAD TANK COMPACT	
212	04	01			CORTE INTERRUPTOR		
213	04	01		CB	INTERRUPTOR	CIRCUIT BREAKER	
214	04	02			SECCIONAMIENTO		
215	04	02		DS	SECCIONADOR	DISCONNECTOR SWITCH	
216	04	02		ES	PUESTA A TIERRA	EARTING SWITHC	
217	04	03			TRANSFORMADORES DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		
218	04	03		CT	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	CURRENT TRANSFORMER	
219	04	03		VT	TRANSFORMADOR DE VOLTAJE	VOLTAGE TRANSFORMER	
220	04	03		CV	TRANSFORMADOR MIXTO	CURRENT AND VOLTAGE TRANSFORMER	
221	04	04			DESCARGADORES / COMUNICACIÓN		
222	04	04		LT	TRAMPA DE ONDA	LINE TRAP WAVE	
223	04	04		CL	REACTOR LINEA	COIL	
224	04	04		SA	DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES	SURGE ARRESTED	
225	04	04		SC	CONTADOR DE DESCARGAS	SURGE COUNTER	
226	04	05			ELEMENTOS PASIVOS		CADENAS / PASAMUROS / TERMINALES SOPORTE
227	04	05		LI	AISLADOR CADENA	LONG ROD INSULATOR	
228	04	05		PI	AISLADOR POSTE	POST INSULATOR	
229	04	05		HI	AISLADOR SEPARADOR DE FASE	PHASE INSULATOR	
230	04	06			INDUCTIVOS DE POTENCIA		TRANSFORMADORES/ AUTOTRANSFORMADORES / REACTORES
231	04	06		TR	TRANSFORMADOR	TRANSFORMER	
232	04	06		AT	AUTOTRANFORMADOR	AUTOTRANSFORMER	
233	04	06		RT	REACTOR ACEITE	REACTOR	
234	04	07			FACTS / HVDC		
235	04	07		FSC		FIXED SERIES CAPACITOR	
236	04	07		SVC		STATIC VAR COMPENSATOR	
237	04	07		STC		SVC PLUS (STATCOM)	
238	04	07		CA	CAPACITOR DE POTENCIA / BANCO DE CAPACITORES	POWER CAPACITOR / CAPACITOR BANK	
239	04	07		RE	REACTOR	REACTOR	
240	04	07		VA	VÁLVULA	VALVE	
241	04	07		PL	PLATAFORMA AISLADA	INSULATED PLATFORM	
242	04	07		SG	CENTELLADOR	SPARK GAP	
243	04	07		SR	RACK DE DESCARGADORES	SURGE RACK	
244	04	08			MV / LV		TABLEROS / CELDAS / CONCENTRADORES / DISTRIBUCIÓN SSAA
245	04	08		CX	CELDAS GENERALES		
246	04	08		CM	CELDA DE MEDIA TENSIÓN	MEDIUM VOLTAGE SWITCHGEAR	
247	04	08		CC	TABLERO DE CONTROL	CONTROL CABINET	
248	04	08		GC	TABLERO DE AGRUPAMIENTO	GROUPING CABINET	
249	04	08		MK	TABLERO INTEMPERIE	MARSHALLING KIOSK	
250	04	08		AC	TABLERO DISTRIBUCIÓN AC		

Tabla 1. Organización y depuración de Bases de datos de Siemens

De acuerdo a la clasificación se dan las siguientes propiedades para entender la base de datos:

- El primer número hace alusión al tipo de estructura que se está empleando, para la pasantía, el proceso se desarrolló únicamente con el código 04 al que se le asignan los equipos de potencia como lo son interruptores, seccionadores, descargadores de sobretensiones, transformadores de instrumentos (CT's, PT's); Además de muchos sistemas de compensación como lo son FACTS, bancos de condensadores y elementos inductivos, también en esta categoría se encuentran equipos de ingeniería secundaria como lo son paneles fotovoltaico, baterías, cargadores, celdas de media tensión entre otros. Conjuntamente, en la categorización se encuentran obras de carácter civil, arquitectónico de conexión y conducción.

  Para la base de datos que se emplea en la unidad de negocios TS, se procedió a organizar toda la información disponible de los equipos en carpetas debidamente catalogadas. Teniendo en cuenta que el tipo de estructura de cada equipo, pertenece a una familia o subcategoría la cual se representa por el segundo dígito y de esta forma la lectura y el manejo de información de la base de datos se hace más fluida y con un mejor entendimiento.

  Específicamente, en este segundo dígito se encuentran componentes y familias como lo son, CT's y PT's, seccionadores, elementos pasivos, HVDC, entre otros. Cabe mencionar que existen diferentes carpetas que contienen información acerca del diseño general de la subestación, es por eso que se habla de subcategorías ya que dentro de cada carpeta principal se tienen equipos a utilizar con sus respectivas descripciones y especificaciones técnicas.

  La información detallada de documentación y almacenamiento de toda ésta información no se puede dar debido a políticas de privacidad y propiedad de la compañía, siendo que todos los procesos son desarrollados en plataformas y software dentro de la red propia de la empresa.

  Aunque se permitió la toma de algunos pantallazos con el fin de socializar algunas de las estructuras. De ahí que en la siguiente imagen se puede observar la codificación que se empleó para los elementos trabajados, la organización sigue un patrón de árbol estructural, como se mencionó anteriormente la carpeta en la que se desarrolló la pasantía fue en la **"04. Equipment":**

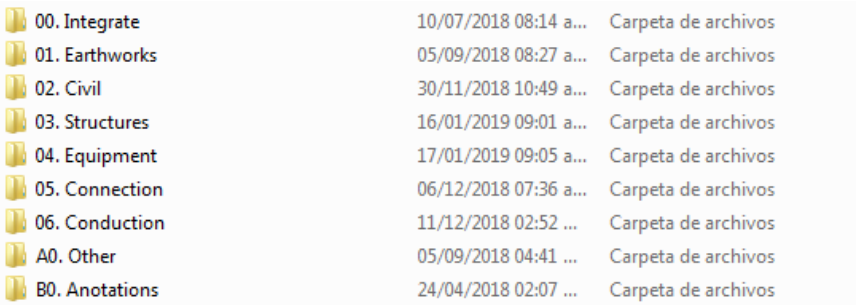


Fig. 16 Documentación y almacenamiento de información por áreas de trabajo

Dentro de la carpeta “Equipment”, se disponen archivos dependiendo de la subcategoría que está empleando. En modo de ejemplo, es posible observar en la siguiente imagen que los transformadores de corriente tienen asignado el digito 03 y además de esto una etiqueta de CT, en esta misma subcategoría existen múltiples proveedores, y es por lo mismo que se procedió a implementar un tercer digito para dar a entender de qué proveedor se está manejando información.

Para continuar con el ejemplo del transformador de corriente, se observa que tiene codificación para 3 proveedores, siendo 01 Siemens (TRENCH), 02 ABB, y 03 ARTECHE.

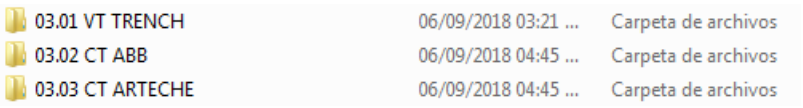


Fig. 17 Subcarpetas de fabricantes de equipos para S/E

Siendo que Siemens un tiene varios aliados, a continuación se muestra una tabla con las diferentes empresas que aportan al desarrollo e innovación que brinda la compañía, con los códigos que tienen asignados en la base de datos:

04	Equipment	
01	SIEMENS	SIE_
01	TRENCH	TRCH
01	RUTHALL	RUTH
02	ABB	ABB_
03	ARTECHE	ARTC
04	COELME - EGIC	EGIC
05	LAPP	LAPP
06	TYCO	TYCO
07	SCHNEIDER	SCHN
08	NGK	NGK_
09	HAPAM	HAPM
10	ISOELECTRIC - BONOMI	BONM
11	GAMMA	GAMM
12	DUMILSON	DMLS
13	TGOOD	TGOD
14	ALSTOM - GENERAL ELECTRIC	GEEL
15	EFACEC	EFAC
16	RITZ	RITZ
17	LEOSAN	LEOS
18	CERAM	CERM
19	EBC HQ HIGH QUALITY	
20	CAON-KORWI	
21	TRADIS	TRAD
22	SMA	
23	PFISTERER	PFIS
24	NEXANS	NEXA
25	EATON	
26	ENERSIS	
27	RIBE	
28	SANTA TEREZINHA	STTE
29	PPC INSULATOR	PPC
30	CUMMINS	CUMM
31	CATERPILLAR	CAT_
32	ORMAZABAL VELATIA	ORMV
33	PROLEC	PROL
34	SERVELEC	
35	GNB INDUSTRIAL POWER	GNB_
36	SUN POWER	SUN_
37	TRITEC	TRIC
38	LA GRANJA	GRAN
39	SBS STORAGE BATTERY SYSTEMS	SBS_
40	DATA POWER DEAR	DPD_

Tabla 2. Listado de fabricantes proveedores para Siemens

La importancia de tener los fabricantes dentro de la base de datos radica que en ocasiones los clientes especifican en las ofertas, cuál es el equipo necesitan y de qué fabricante, por lo cual tenerla bien estructurada facilita la localización de los elementos demandados. Paralelamente permite encontrar proyectos similares en los cuales el dispositivo fue empleado, siendo información fundamental para reducir tiempos de ejecución y diseño.

Por último, internamente cada carpeta tiene todos los documentos relacionados con el equipo; para el ejemplo, un transformador de instrumentos (CT) tiene lo siguiente:

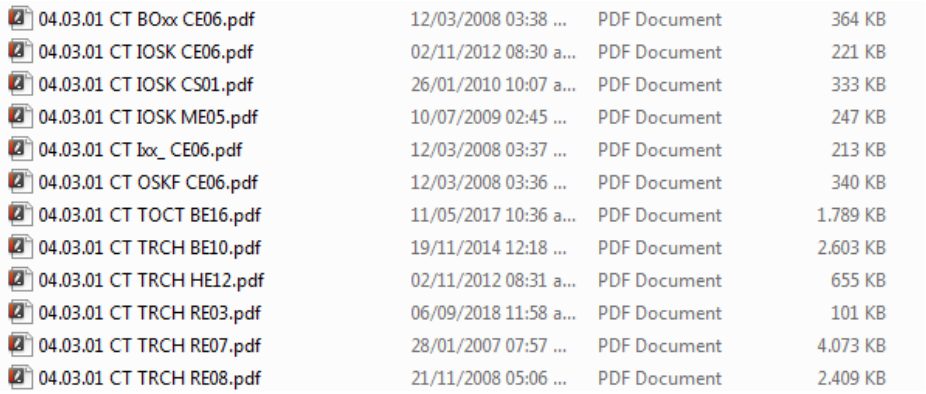


Fig. 18 Ejemplo de la organización dentro de una carpeta de un CT

Se tienen documentos de CT´s como los IOSK, TOCT, OSKF entre otros. De estos equipos y en general del trabajo desarrollado en la unidad de negocios se tiene documentación que tiene la siguiente codificación de 4 dígitos y van situados después del tipo o referencia del equipo los cuales significan:

- Primer Digito: Se refiere al tipo de documento, que puede ser
  C: catalogo P: Planos
  M: Manual R: Revistas o Presentaciones
  B: Brochure D: Diagramas de circuito

- Segundo Digito: Indica el idioma en el cual se encuentra el documento
  E: Ingles F: Francés
  S: Español P: Portugués
  D: Alemán

- Tercer digito y cuarto: Éstos hacen referencia al año en el cual el documento fue publicado. Se presentan dos ejemplos para antes y después del año 2000.
  97: Año 1997
  06: Año 2006

Como resultado y para continuar con el ejemplo dado, en la siguiente imagen se puede observar el documento con código **04.03.01 CT IOSK CE06** , y de acuerdo a lo explicado anteriormente es un equipo de la categoría transformadores de corriente, del fabricante Siemens (TRECH), el cual emplea CT´s de la referencia IOSK y catálogo en ingles del año 2006.

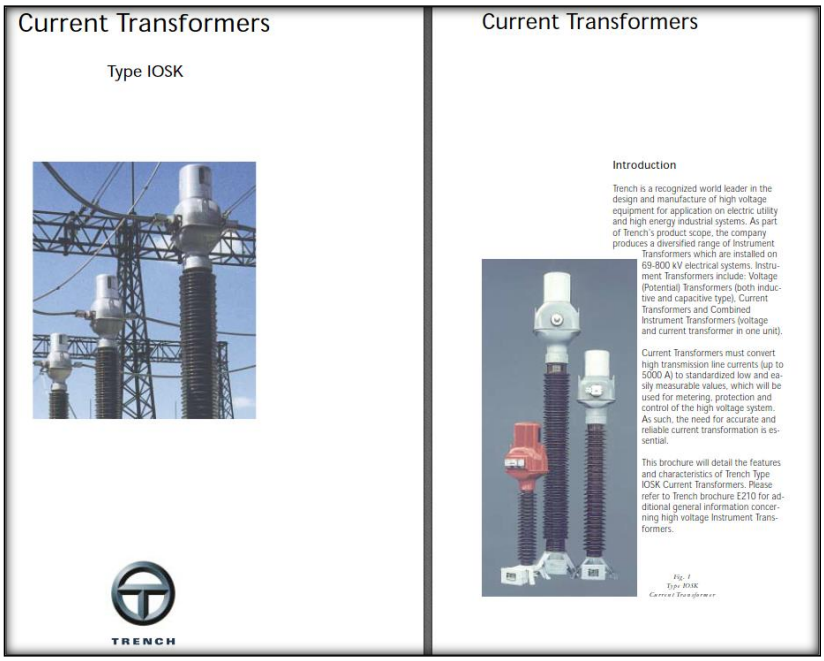


Fig. 19 Ejemplo de clasificación de un equipo dentro del sofware con su respectivo código de indentificación [28]

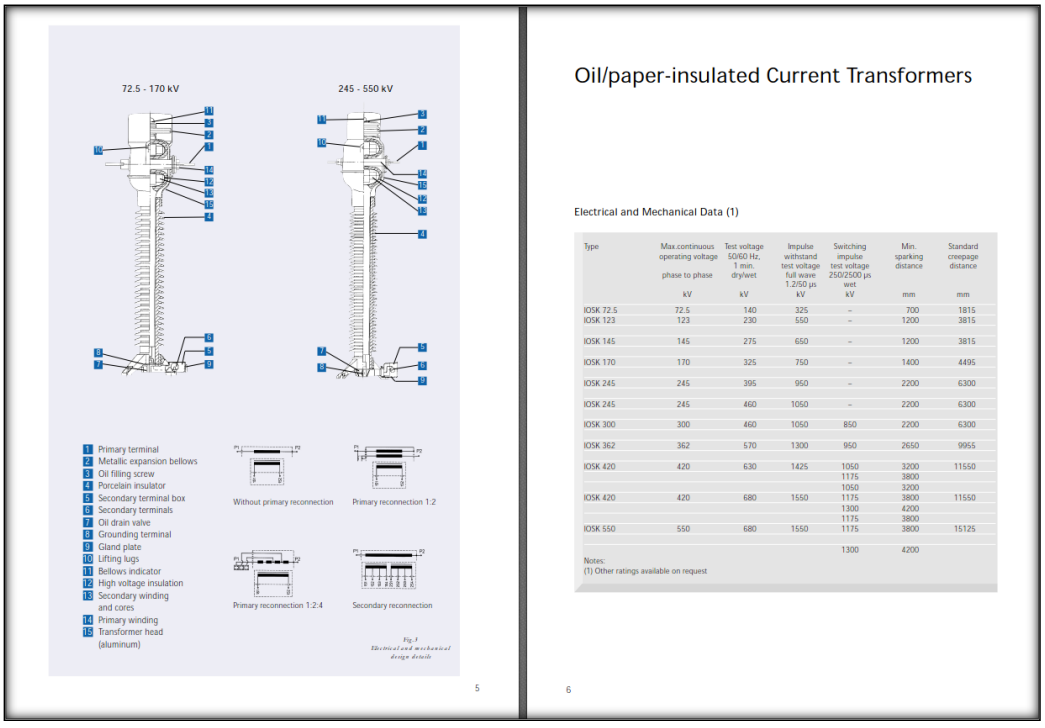
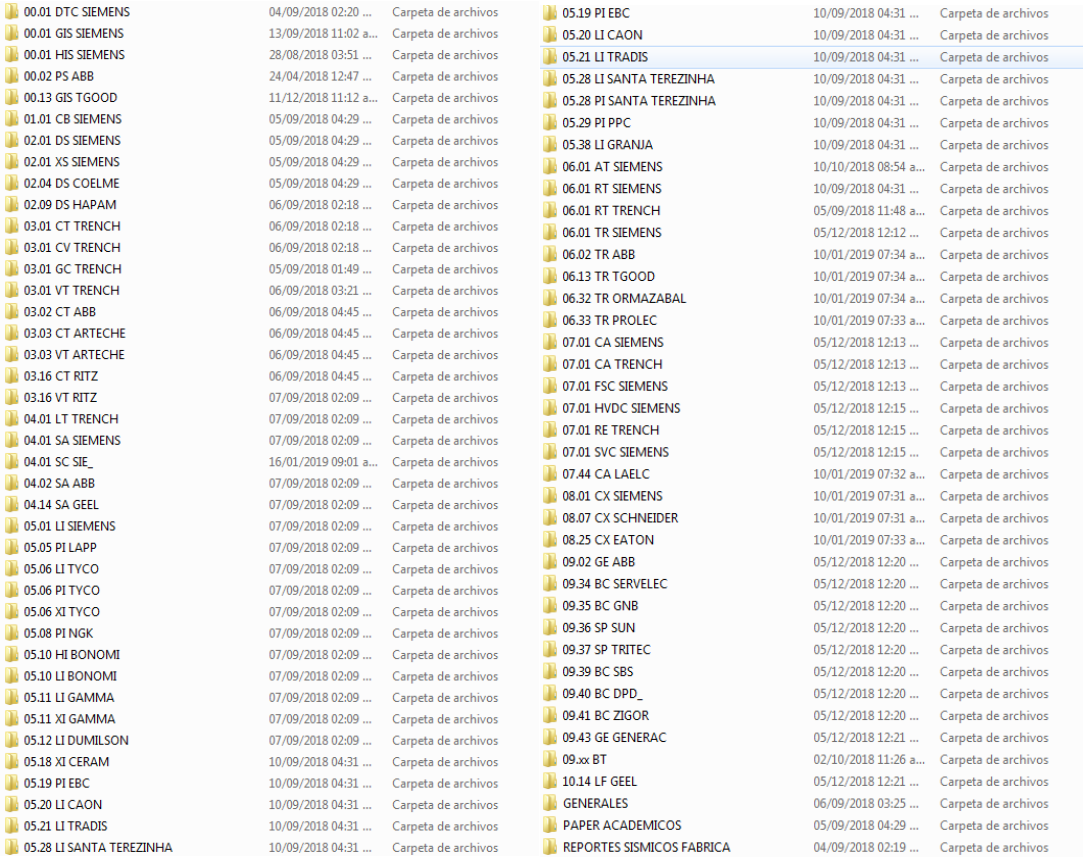


Fig. 20 Hoja de características del CT en la base de datos de TS [29]

Como resultado del trabajo realizado de la depuración de la base de datos se logro hacer una gestión óptima de la información de forma autónoma. De ahí, el alcance dentro de esta unidad fue entregar una base de datos más organizada y que cumple con los protocolos que la unidad de negocios TS emplea en su ejecución.

Es indispensable dar a conocer el fruto alcanzado a nivel general por lo que a continuación se enseña una pequeña parte de la base de datos documentada y la cual se dejó implantada para el uso de los ingenieros especialistas en el área de diseño de ingeniería primaria.



00.01 DTC SIEMENS	04/09/2018 02:20 ...	Carpeta de archivos
00.01 GIS SIEMENS	13/09/2018 11:02 a...	Carpeta de archivos
00.01 HIS SIEMENS	28/08/2018 03:51 ...	Carpeta de archivos
00.02 PS ABB	24/04/2018 12:47 ...	Carpeta de archivos
00.13 GIS TGOOD	11/12/2018 11:12 a...	Carpeta de archivos
01.01 CB SIEMENS	05/09/2018 04:29 ...	Carpeta de archivos
02.01 DS SIEMENS	05/09/2018 04:29 ...	Carpeta de archivos
02.01 XS SIEMENS	05/09/2018 04:29 ...	Carpeta de archivos
02.04 DS COELME	05/09/2018 04:29 ...	Carpeta de archivos
02.09 DS HAPAM	06/09/2018 02:18 ...	Carpeta de archivos
03.01 CT TRENCH	06/09/2018 02:18 ...	Carpeta de archivos
03.01 CV TRENCH	06/09/2018 02:18 ...	Carpeta de archivos
03.01 GC TRENCH	05/09/2018 01:49 ...	Carpeta de archivos
03.01 VT TRENCH	06/09/2018 03:21 ...	Carpeta de archivos
03.02 CT ABB	06/09/2018 04:45 ...	Carpeta de archivos
03.03 CT ARTECHE	06/09/2018 04:45 ...	Carpeta de archivos
03.03 VT ARTECHE	06/09/2018 04:45 ...	Carpeta de archivos
03.16 CT RITZ	06/09/2018 04:45 ...	Carpeta de archivos
03.16 VT RITZ	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
04.01 LT TRENCH	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
04.01 SA SIEMENS	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
04.01 SC SIE_	16/01/2019 09:01 a...	Carpeta de archivos
04.02 SA ABB	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
04.14 SA GEEL	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.01 LI SIEMENS	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.05 PI LAPP	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.06 LI TYCO	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.06 PI TYCO	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.06 XI TYCO	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.08 PI NGK	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.10 HI BONOMI	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.10 LI BONOMI	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.11 LI GAMMA	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.11 XI GAMMA	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.12 LI DUMILSON	07/09/2018 02:09 ...	Carpeta de archivos
05.18 XI CERAM	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.19 PI EBC	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.20 LI CAON	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.21 LI TRADIS	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.28 LI SANTA TEREZINHA	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.19 PI EBC	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.20 LI CAON	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.21 LI TRADIS	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.28 LI SANTA TEREZINHA	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.28 PI SANTA TEREZINHA	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.29 PI PPC	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
05.38 LI GRANJA	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
06.01 AT SIEMENS	10/10/2018 08:54 a...	Carpeta de archivos
06.01 RT SIEMENS	10/09/2018 04:31 ...	Carpeta de archivos
06.01 RT TRENCH	05/09/2018 11:48 a...	Carpeta de archivos
06.01 TR SIEMENS	05/12/2018 12:12 ...	Carpeta de archivos
06.02 TR ABB	10/01/2019 07:34 a...	Carpeta de archivos
06.13 TR TGOOD	10/01/2019 07:34 a...	Carpeta de archivos
06.32 TR ORMAZABAL	10/01/2019 07:34 a...	Carpeta de archivos
06.33 TR PROLEC	10/01/2019 07:33 a...	Carpeta de archivos
07.01 CA SIEMENS	05/12/2018 12:13 ...	Carpeta de archivos
07.01 CA TRENCH	05/12/2018 12:13 ...	Carpeta de archivos
07.01 FSC SIEMENS	05/12/2018 12:13 ...	Carpeta de archivos
07.01 HVDC SIEMENS	05/12/2018 12:15 ...	Carpeta de archivos
07.01 RE TRENCH	05/12/2018 12:15 ...	Carpeta de archivos
07.01 SVC SIEMENS	05/12/2018 12:15 ...	Carpeta de archivos
07.44 CA LAELC	10/01/2019 07:32 a...	Carpeta de archivos
08.01 CX SIEMENS	10/01/2019 07:31 a...	Carpeta de archivos
08.07 CX SCHNEIDER	10/01/2019 07:31 a...	Carpeta de archivos
08.25 CX EATON	10/01/2019 07:33 a...	Carpeta de archivos
09.02 GE ABB	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.34 BC SERVELEC	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.35 BC GNB	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.36 SP SUN	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.37 SP TRITEC	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.39 BC SBS	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.40 BC DPD_	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.41 BC ZIGOR	05/12/2018 12:20 ...	Carpeta de archivos
09.43 GE GENERAC	05/12/2018 12:21 ...	Carpeta de archivos
09.xx BT	02/10/2018 11:26 a...	Carpeta de archivos
10.14 LF GEEL	05/12/2018 12:21 ...	Carpeta de archivos
GENERALES	06/09/2018 03:25 ...	Carpeta de archivos
PAPER ACADEMICOS	05/09/2018 04:29 ...	Carpeta de archivos
REPORTES SISMICOS FABRICA	04/09/2018 02:19 ...	Carpeta de archivos

Tabla 3. Organización final de la base de datos

7.2.2. Modelamiento de equipos y elementos de ingeniería primaria

Con la capacitación del software de diseño Revit, se procede con el modelamiento de diferentes equipos utilizados en las ingenierías tanto primaria como secundaria, y es acá primordialmente donde hay que tener el concepto de una familia en Revit.

En Revit cada equipo tiene asociada una familia y estas familias subfamilias que permiten categorizar y clasificar los equipos. Como resultados del modelamiento que se realizó durante la pasantía se tienen, los siguientes equipos.

- Transformadores de Potencia,
- Seccionadores
- Aisladores tipo poste
- Casetas de Control

Entre otros y actualizaciones….

En la siguiente imagen se observa uno de los modelos de transformadores de 45 Kv que se trabajó, cabe mencionar que en la unidad de negocios TS al recibir la demanda de cualquier cliente, para entrar en competencia o ser partícipes de la licitación se entregan unos diseños de acuerdo a los requerimientos del mismo. Una característica fundamental de la Siemens está en los tiempos que ofrece al cliente ya que esta variable implica diversas situaciones, ya sean económicas o cualquier otra que pueda afectar el retraso de una obra o un proyecto en específico. De ahí la necesidad de en atender el cliente y responderle con productos innovadores, de calidad y con tiempos cortos pero adecuados a la compañía. Con el fin de dar la mejor calidad de servicio. En cuanto a cotizaciones para el cliente depende de variables muy específicas del producto solicitado y ese tema no hace parte de la pasantía por lo cual se omite.

El detalle del producto va a variar de acuerdo a los requerimientos del cliente pero a nivel general se realiza un modelo simple según las indicaciones de la unidad TS.

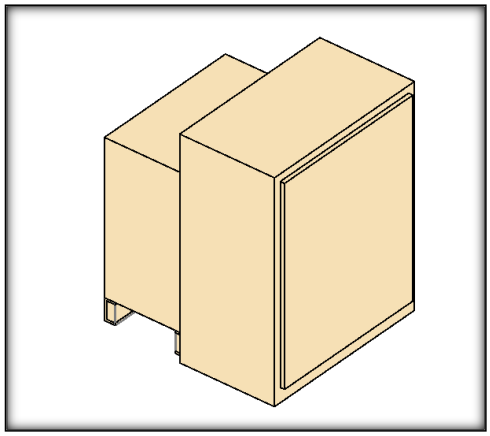


Fig. 21 LOD 200 para un transformador de 45Kv [30]

En la imagen anterior se observa el modelo de un transformador de 45 KV ya elaborado, el equipo en este paso es considerado un LOD 200 el cual no posee mucho detalle, pero si lo suficiente para hacer diseños en la 3° dimensión del ciclo del proyecto. En esta etapa se consideran parámetros que definan el transformador para poder ser usado en una ingeniería básica de diseño primario.

Conforme a lo anterior, se deben trazar algunas directrices para poder modelarlo; la cuales se emplearan en la metodología BIM para que el flujo de información lleve un curso estructurado. Además, en perspectiva de que a corto o mediano plazo sea necesario el mismo diseño con dimensiones diferentes, no requiera realizar el modelo desde cero, si no que con el modelo BIM y su parametrización permita hacer el ajuste de una forma más sencilla.

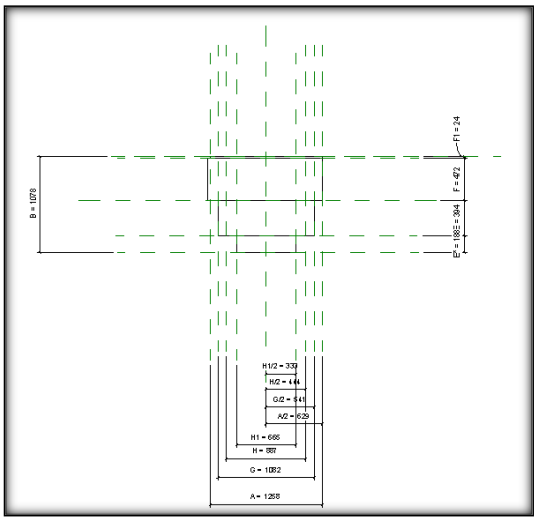


Fig 22. Parametrización del transformador

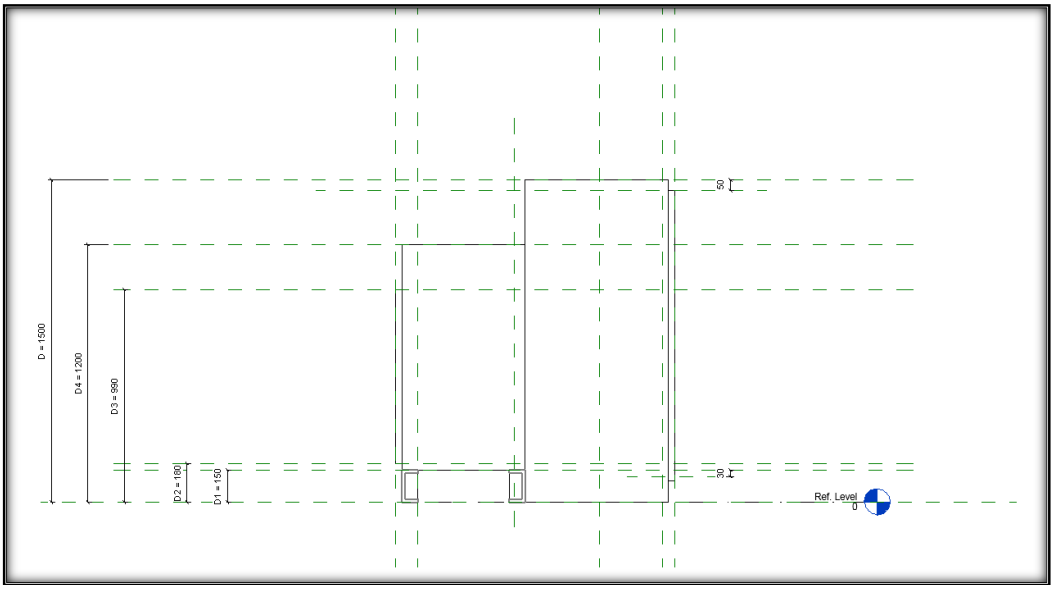
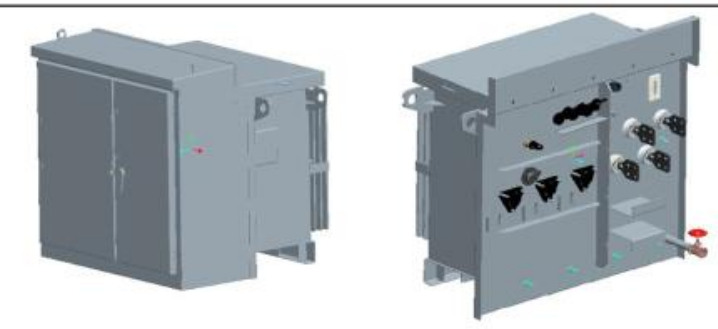


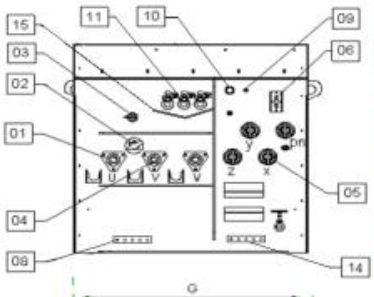
Fig. 23 Características relevantes del transformador

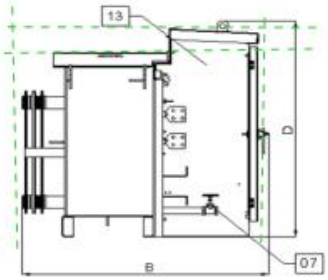
En la figura 24 se evidencia la parametrización que se le da al transformador, en ella se aprecian los ejes tanto de origen como de simple referencia para el diseño; Además, se aprecian algunos parámetros que están definidos por letras y los cuales corresponden a las dimensiones del transformador que el fabricante suministra. Los planos de los cuales se parte para el diseño son los que se aprecian en la siguiente imagen

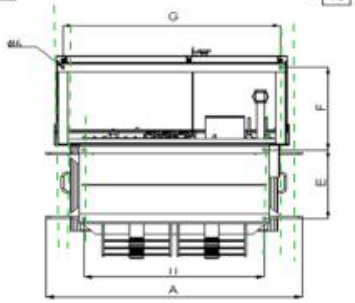
SIEMENS

Transformadores Pedestal Radial
45 kVA - 630 kVA, Serie ≤15 kV
Según NTC 3997









15	ANTIGOTEO FUSIBLES
14	BARRAJE DE ATERRIZAMIENTO
13	GABINETE AT / BT NEMA 3R
12	FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE ELSP
11	FUSIBLE Y PORTAFUSIBLE BAY O NET
10	BUJE DE LLENADO Ø1"
09	VÁLVULA DE SOBREPRESIÓN
08	TORNILLO ATERRIZAMIENTO TANQUE
07	VÁLVULA DE DRENAJE Ø1"
06	INDICADOR DE NIVEL TIPO VISOR
05	PASATAPAS BT
04	POZO - INSERTO AT
03	SECCIONADOR DE DOS POSICIONES
02	CONMUTADOR SIN CARGA
01	BUJES TIPO INSERTO

Características Técnicas Estándar		Características Constructivas	
Diseño y fabricación	Norma NTC 3997	Sistema de preservación de Aceite	Tanque sellado
Clase de aislamiento	A	Tapa	Atornillada
Altura de diseño	1000 m.s.n.m	Tipo de Refrigeración	ONAN
Límites de calentamiento de Aceite/Devanado	60 / 65°C	Tipo de Aceite	Mineral Inhibido según ASTM
Regulación de tensión AT (sin carga)	+1/-3 x 2,5%		Libre de PCB's
Nivel de aislamiento (BIL) AT / BT	95 / 30 kV	Pintura	Electrostática, color gris claro RAL 7035
Frecuencia	60 Hz	Tipo de Base	Chasis para anclaje
Pérdidas e impedancias según	Norma NTC 819 4ª rev.		
Coordinación de protecciones según	IEEE 37.45.1	Nivel de Aceite tipo visor.	

Fig. 24 Hoja de características del equipo suministrada por el proveedor [31]

El diseño debe de ir de la mano con la información del equipo que se está modelando, es por eso que con la metodología BIM se puede modificar el equipo si se requiere, en este ejemplo el fabricante entrega la siguiente información:

REFERENCIA	kVA	AT / BT (Vacio)	mm								GRUPO DE CONEXIÓN	CONECTOR BT	L	kg
	POTENCIA	TENSIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H			VOLUMEN ACEITE	PESO TOTAL
PTF_SDT_1077D	45	13200 V / 226-130.5 V	1258	1078		1239	394	472	1082	887	Dyn5	Ojo	260	684
PTF_SDT_1078D	75	11400 V / 214-123.6 V	1322	1176		1413	386	520	1092	889	Dyn5	Pala 4 Huecos	292,4	774
PTF_SDT_1079D	75	13200 V / 226-130,6 V	1258	1078		1239	394	472	1082	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	250	729
PTF_SDT_1080D	112,5	13200 V / 214-123,6 V	1258	1207		1208	394	472	1082	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	255	799
PTF_SDT_1081D	112,5	11400 V / 214-123,7 V	1258	1287		1208	394	472	1082	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	253	803
PTF_SDT_1082D	112,5	13200 V / 226-130,6 V	1322	1200		1453	386	520	1092	889	Dyn5	Pala 4 Huecos	253,4	769
PTF_SDT_1083D	150	11400 V / 214-123.6 V	1258	1207		1208	394	472	1072	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	245	859
PTF_SDT_1084D	150	13200 V / 226-130.5 V	1258	1207		1218	394	472	1072	888	Dyn5	Pala 4 Huecos	248	895
PTF_SDT_1085D	150	13200 V / 214-123.6 V	1322	1240		1413	386	520	1092	889	Dyn5	Pala 4 Huecos	248	822
PTF_SDT_1086D	225	13200 V / 214-123.6 V	1323	1479		1281	456	474	1131	944	Dyn5	Pala 4 Huecos	352	1132
PTF_SDT_1087D	225	11400 V / 456-263.3 V	1398	1517		1452	536	520	1168	1069	Dyn5	Pala 4 Huecos	444	1229
PTF_SDT_1088D	225	11400 V / 214-123.6 V	1328	1397		1261	464	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	355	1154
PTF_SDT_1089D	225	13200 V / 456-263.3 V	1428	1350		1580	526	444	1170	1099	Dyn5	Pala 4 Huecos	505,7	1255
PTF_SDT_1090D	225	13200 V / 226-130.5 V	1328	1476		1261	464	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	343	1116
PTF_SDT_1091D	300	13200 V / 226-130.5 V	1328	1371		1261	479	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	349	1243
PTF_SDT_1092D	300	11400 V / 456-263.3 V	1277	1606		1617	527	545	1277	1000	Dyn5	Pala 4 Huecos	473,4	1373
PTF_SDT_1093D	300	13200 V / 214-123.6 V	1328	1492		1281	479	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	379	1279
PTF_SDT_1094D	400	13200 V / 214-123.6 V	1368	1516		1370	544	472	1162	997	Dyn5	Pala 4 Huecos	475	1541
PTF_SDT_1095D	400	11400 V / 456-263.3 V	1398	1335		1620	536	520	1168	1069	Dyn5	Pala 4 Huecos	432	1410
PTF_SDT_1096D	500	11400 V / 214-123.6 V	1408	1603		1360	504	472	1162	1037	Dyn5	Pala 4 Huecos	462	1634
PTF_SDT_1098D	630	13200 V / 214-123.6 V	1540	1752		1700	536	520	1313	1169	Dyn5	Pala 4 Huecos	611,7	1923

Tabla 4. Especificaciones de un equipo para diferentes niveles de tensión

La información de la tabla se lleva a una hoja de cálculo que posteriormente será importada al software Revit. Luego usarla para dimensionar y caracterizar el transformador que el cliente requiera. No se debe perder de vista este proceso para el equipo es a modo de ejemplo ya que son diferentes los dispositivos de ingeniería primaria anteriormente nombrados a los cuales se les hizo el mismo procedimiento.

	POTENCIA	TENSION		mm									VOLUMEN	PESO TOTAL
RFERENCIA	KVA	AT	BT (Vacio)	A	B	D	E	F	G	H	GRUPO DE CONEXIÓN	CONECTOR BT	L	Kg
PTF_SDT_1077D	45	13200V	226-130,5V	1258	1078	1239	394	472	1082	887	Dyn5	Ojo	260	684
PTF_SDT_1078D	75	11400V	214-123,6V	1322	1176	1413	386	520	1092	889	Dyn5	Pala 4 Huecos	292,4	774
PTF_SDT_1079D	75	13200V	226-130,6V	1258	1078	1239	394	472	1082	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	250	729
PTF_SDT_1080D	112,5	13200V	214-123,6V	1258	1207	1208	394	472	1082	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	255	799
PTF_SDT_1081D	112,5	11400V	214-123,7V	1258	1287	1208	394	472	1082	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	253	803
PTF_SDT_10820	112,5	13200V	226-130,6V	1322	1200	1453	386	520	1092	889	Dyn5	Pala 4 Huecos	253,4	769
PTF_SDT_1083D	150	11400V	214-123,6V	1258	1207	1208	394	472	1072	887	Dyn5	Pala 4 Huecos	245	859
PTF_SDT_1084D	150	13200V	226-130,5V	1258	1207	1218	394	472	1072	888	Dyn5	Pala 4 Huecos	248	895
PTF_SDT_1085D	150	13200V	214-123,6V	1322	1240	1413	386	520	1092	889	Dyn5	Pala 4 Huecos	248	822
PTF_SDT_1086D	225	13200V	214-123,6V	1323	1479	1281	456	474	1131	944	Dyn5	Pala 4 Huecos	352	1132
PTF_SDT_1087D	225	11400V	456-263,3V	1398	1517	1452	536	520	1168	1069	Dyn5	Pala 4 Huecos	444	1229
PTF_SDT_1088D	225	11400V	214-123,6V	1328	1397	1261	464	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	355	1154
PTF_SDT_1089D	225	13200V	456-263,3V	1428	1350	1580	526	444	1170	1099	Dyn5	Pala 4 Huecos	505,7	1255
PTF_SDT_1090D	225	13200V	226-130,5V	1328	1476	1261	464	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	343	1116
PTF_SDT_1091D	300	13200V	226-130,5V	1328	1371	1261	479	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	349	1243
PTF_SDT_1092D	300	11400V	456-263,3V	1277	1606	1617	527	545	1277	1000	Dyn5	Pala 4 Huecos	473,4	1373
PTF_SDT_1093D	300	13200V	214-123,6V	1328	1492	1281	479	472	1156	957	Dyn5	Pala 4 Huecos	379	1279
PTF_SDT_1094D	400	13200V	214-123,6V	1368	1516	1370	544	472	1162	997	Dyn5	Pala 4 Huecos	475	1541
PTF_SDT_1095D	400	11400V	456-263,3V	1398	1335	1620	536	520	1168	1069	Dyn5	Pala 4 Huecos	432	1410
PTF_SDT_1096D	500	11400V	214-123,6V	1408	1603	1360	504	472	1162	1037	Dyn5	Pala 4 Huecos	462	1634
PTF_SDT_1098D	630	13200V	214-123,6V	1540	1752	1700	536	520	1313	1169	Dyn5	Pala 4 Huecos	611,7	1923

Tabla 5. Digitalización de especificaciones técnicas para diferentes equipos

Con las tablas de especificaciones técnicas para los diferentes equipos ya digitalizadas, se puede utilizar la metodología BIM pues al cambiar el nivel de tensión o el transformador (equipo), el programa buscara los parámetros que se modifican y actualizara las condiciones que dependen de ellos, por ejemplo el modelo se creó con un parámetro **"D"** el cual hace referencia a la altura del mismo, pero de este mismo parámetro se crean ciertas condiciones las cuales coordinan diferentes alturas que el transformador posee, de esta forma solo con modificar un parámetro, varía la altura del radiador, de las bases y puertas.

Para fortalecer la explicación, a continuación se muestra una imagen ejemplo pero con un equipo diferente que en este caso es un seccionador tripolar.

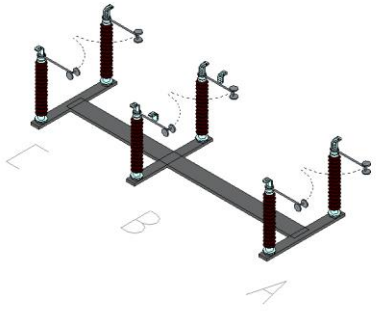


Fig. 25 Seccionador tripolar 115 kV [32]

Ahora, el modelo de unos seccionadores de apertura central, los cuales el diseño está basado en el uso de familias y su jerarquía.

Como se puede observar en la imagen 25 el seccionador está compuesto por sus 3 fases y cada una de ellas por un aislador tipo poste. En este orden se modela el seccionador siguiendo la jerarquía de familias por la cual la cúspide de la pirámide es el seccionador tri-polar, seguido por el seccionador monopolar y por último el aislado tipo poste que los conforma.

- Familia Principal (Seccionador Tripolar)

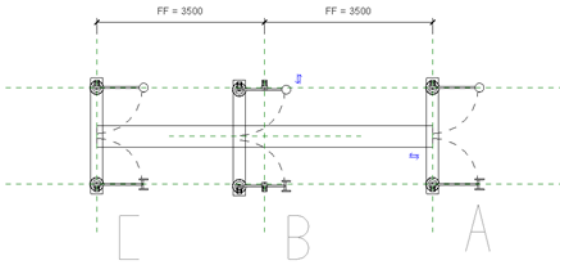


Fig. 26 Seccionador tripolar, vista superior del plano [33]

En esta familia se expone el seccionador con sus tres fases, el cual es utilizado en el proyecto que se necesite, que siguiendo con la metodología BIM, se puede cambiar dependiendo el nivel de tensión en la cual se trabaje.

- Subfamilia (Seccionador Mono-Polar): Esta subfamilia está compuesta por dos aisladores tipo poste con todas sus dimensiones, y elementos de apertura.

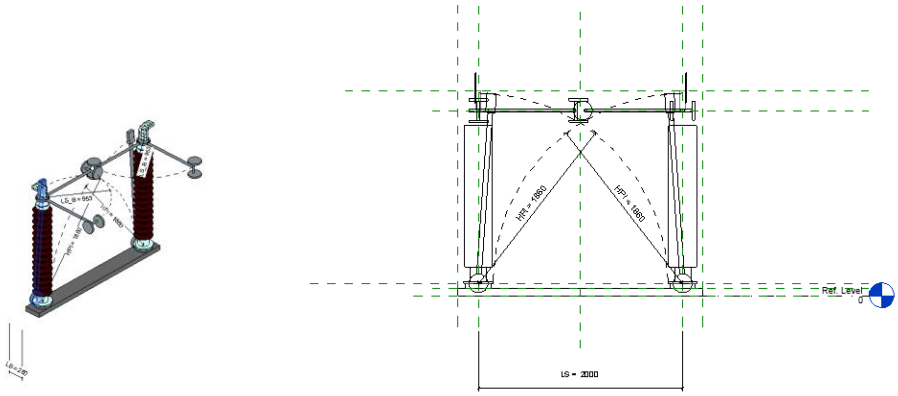


Fig. 27 Seccionador monopolar

- Tercer familia (aislador tipo poste): Esta es la base de donde se parte para poder modelar el seccionador de apertura central.

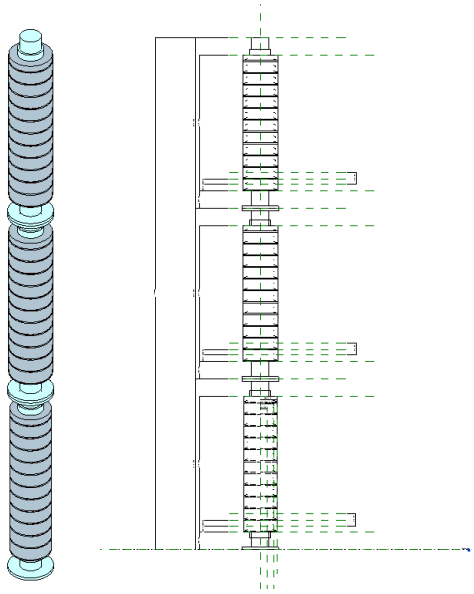


Fig. 28 Aislador tipo poste

La jerarquía que sigue el equipo o elemento es la que se aprecia en la siguiente imagen.

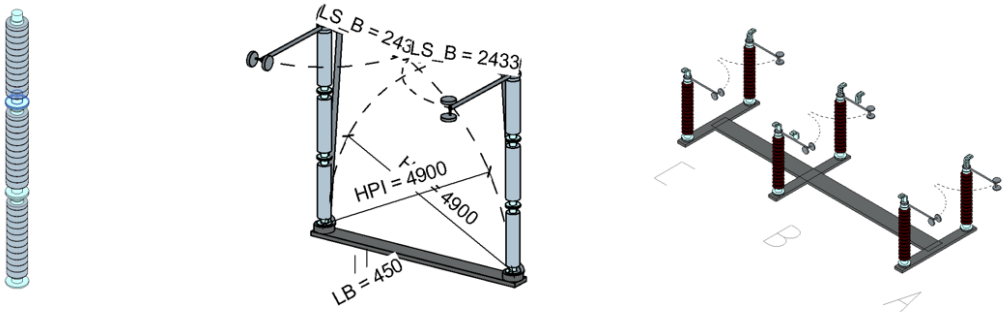


Fig. 29. Configuración final del seccionador

Como se mencionó anteriormente, el modelo está construido bajo la metodología BIM, lo cual permite que el flujo de información sea a través de los diferentes niveles del proyecto, en el caso del seccionador si se cambia el nivel de tensión a trabajar, el modelo es autónomo y cambia su estructura, a modo de ejemplo en la siguiente imagen se puede observar un seccionador de 500 KV junto con uno de 115 KV.

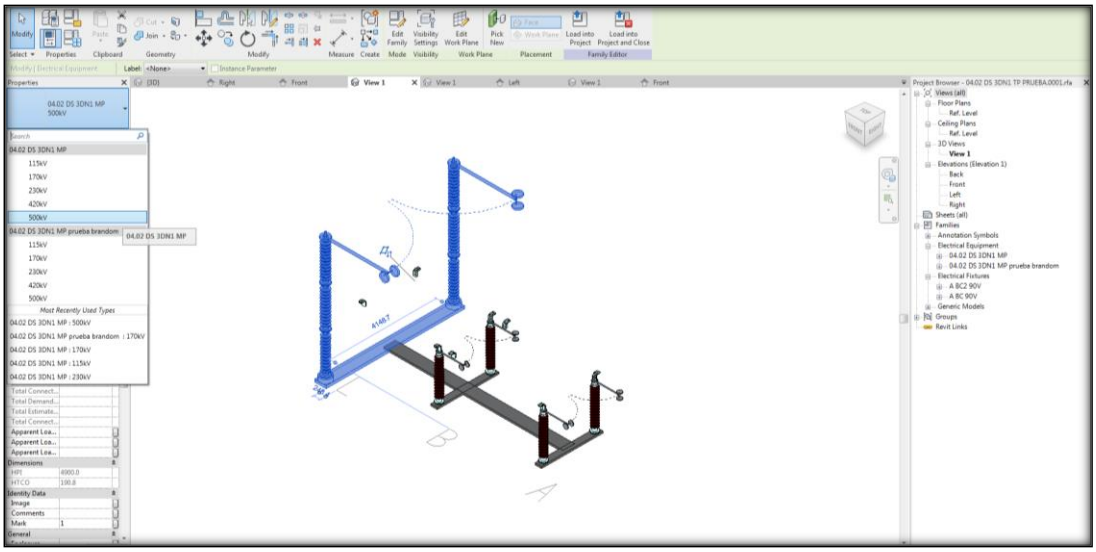
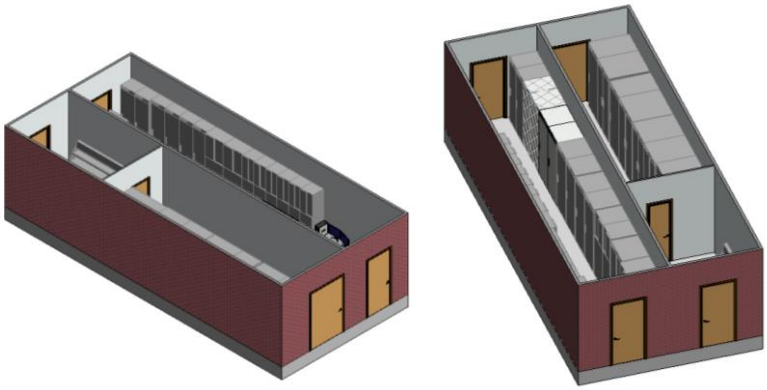


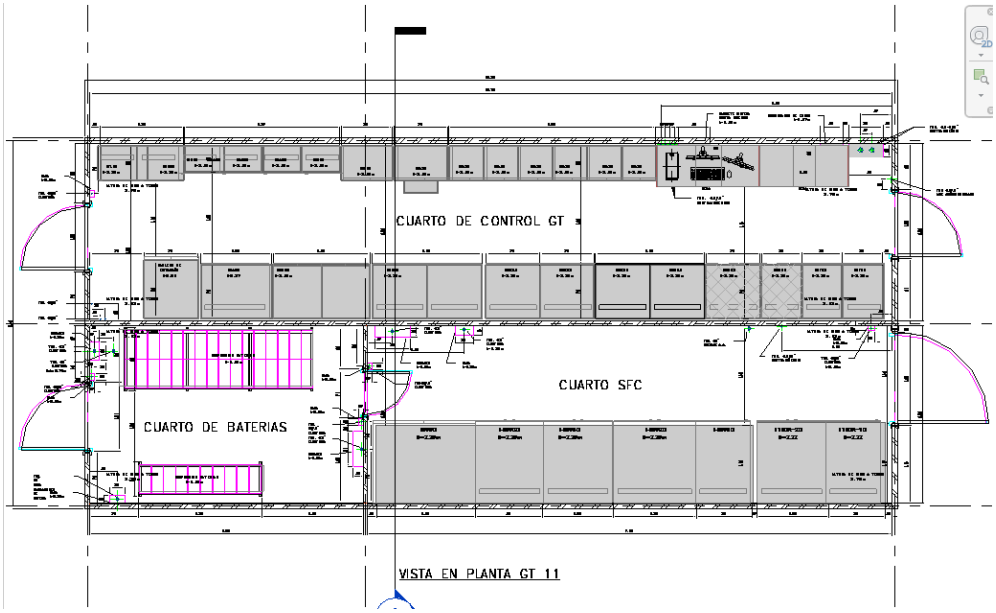
Fig. 30 Simulación del seccionador a diferentes niveles de tensión

En las siguientes imágenes se dan a conocer algunos resultados de los modelos que se desarrollaron durante la pasantía en la compañía Siemens S.A.

- Caseta de Tableros de control



a) Vistas superior y lateral



b) Plano

Fig. 31 Casetas de tableros de control

- Transformador de 165 KV

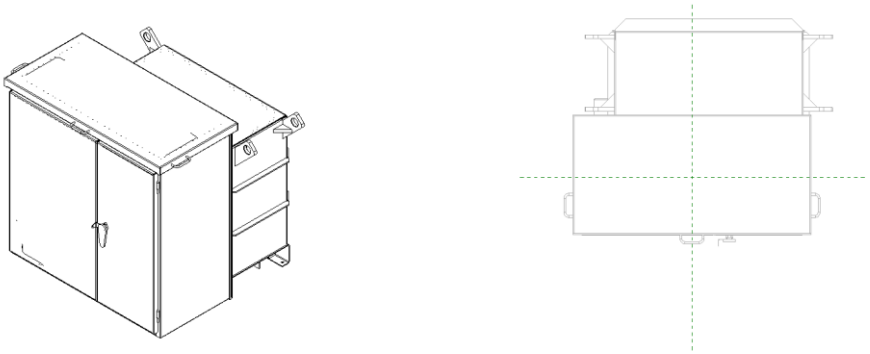


Fig. 32 Vista 2D y 3D del transformador de 165 KV

- Transformador de Corriente

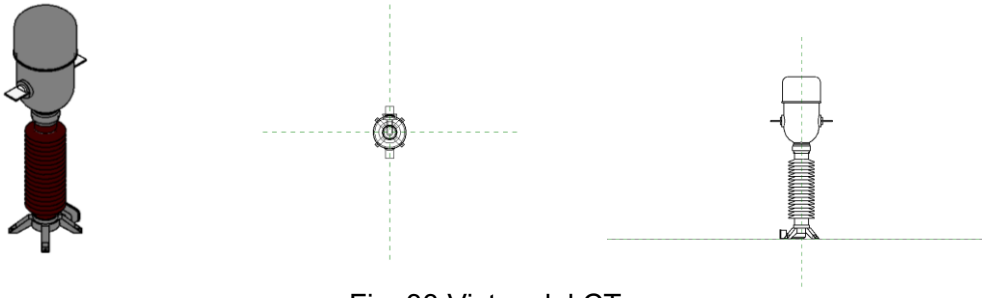


Fig. 33 Vistas del CT

Todos los equipos y elementos son de igual forma almacenados en la base de datos siguiendo la misma codificación según el equipo, fabricante, etc. Teniendo en cuenta que es otra ruta en la red de la empresa, la cual es privada.

A modo de ejemplo se mostrará, la ubicación de los transformadores anteriormente mostrados:

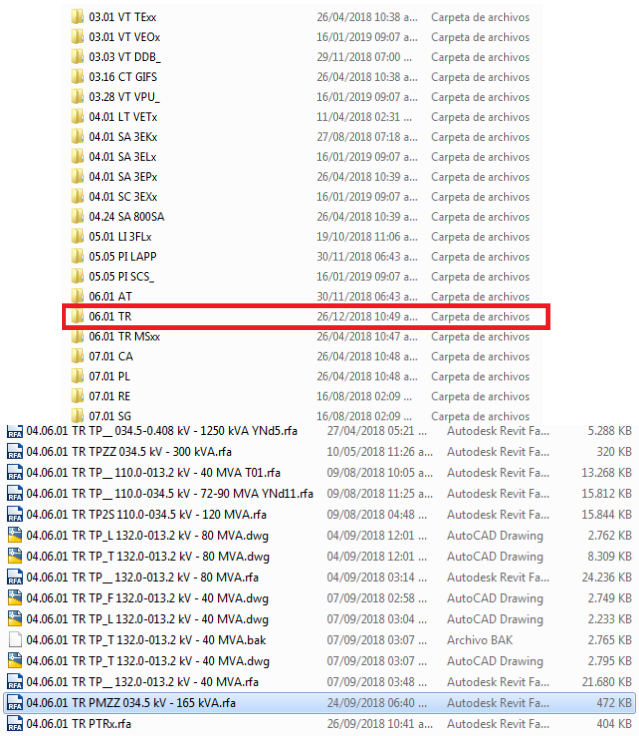
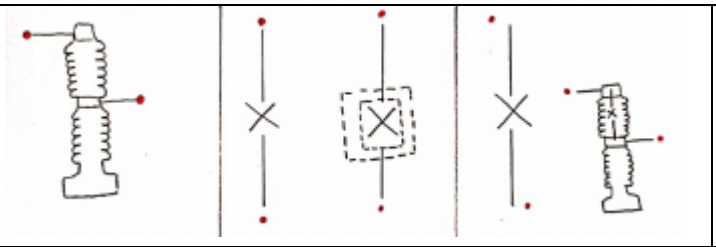
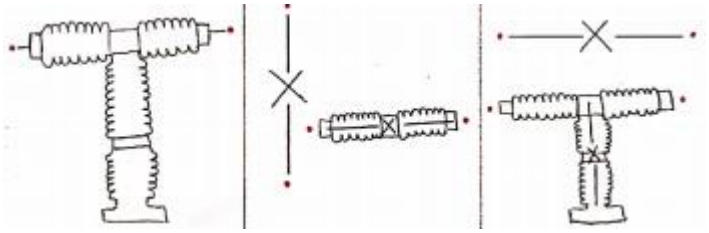
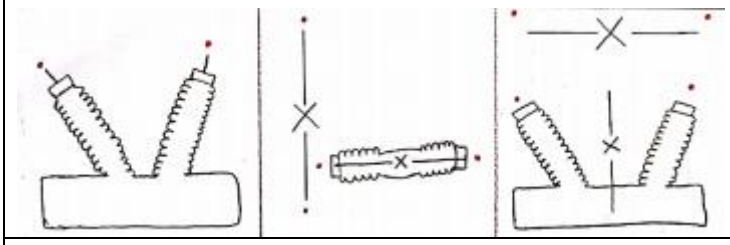
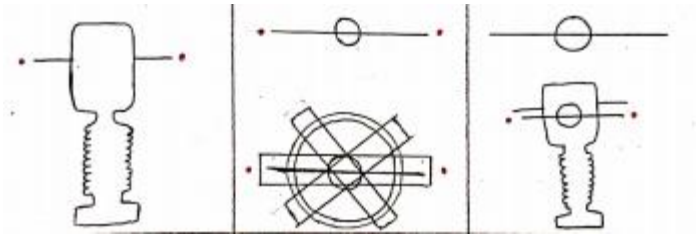


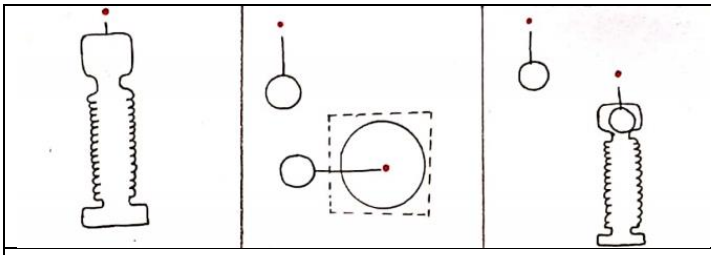
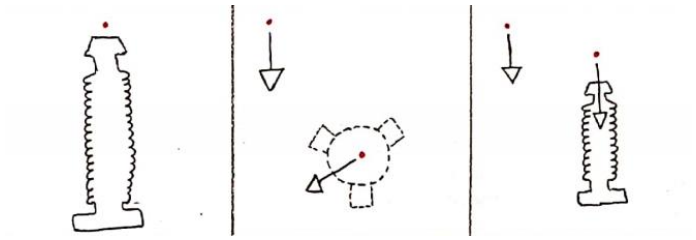
Tabla 6. Organización de los equipos dentro del software

7.2.3. Optimización por símbolos

Como aprendiz dentro de la compañía en la unidad de Transmission Solutions se me dio el reto de proponer, luego de las debidas capacitaciones y los conocimientos adquiridos en la universidad algunos modelos de equipos utilizados dentro de las subestaciones eléctricas y que estaban aún sin caracterizar en el software REVIT para la debida utilización en BIM; Como respuesta a la solicitud se dieron varias y una de ellas se muestra a continuación:

• **Interruptor tipo poste** **Planta.** **3D**	**Parametrizado** **planta** Las líneas están condicionadas por el ancho entre terminales **3d** Las líneas se encuentran condicionadas en función del largo del cuerpo aislador, la "X" en función de un 35% del equipo

<table>
<tr><td></td><td><u>Vista</u>
Emplear color verde para las líneas
Emplear distintos tipos de líneas. Líneas “ --- “ símbolo (línea continua)</td></tr>
<tr><td>• Interruptor tipo T
Planta. 3D
</td><td>Parametrizado
<u>planta</u>
Las líneas están condicionadas por el ancho entre terminales
<u>3d</u>
Las líneas se encuentran condicionadas en función del largo del cuerpo aislador, la “X” en función de un 35% del equipo, la vista de la “X” es a la mitad del cuerpo del equipo.</td></tr>
<tr><td>• Interruptor de tanque muerto
Planta. 3D
</td><td>Parametrizado
<u>Planta</u>
Las líneas están condicionadas por el ancho entre terminales
<u>3D</u>
Las líneas condicionadas en función del largo de lo largo de los bujes</td></tr>
<tr><td>• Transformador de Corriente
Planta. 3D
</td><td>Parametrizado
<u>Planta</u>
Las líneas están parametrizadas en función del ancho entre terminales
El “ O ” en un porcentaje del 20% de la distancia mencionada
<u>Vista</u>
Emplear color verde para las líneas
Emplear distintos tipos de líneas. Líneas “ --- “ símbolo (línea continua)</td></tr>
<tr><td>• Transformador de Tensión
Planta. 3D</td><td>Parametrizado
La parametrización de este elemento es especial, ya que de él solo se deriva un punto de conexión
La vista en la planta se puede realizar hacia uno de los costados</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td></td>
<td><u>Vista</u>
Emplear color verde para las líneas Emplear distintos tipos de líneas. Líneas “ --- “ símbolo (línea continua)</td>
</tr>
<tr>
<td>• Descargados de Sobretensiones
Planta. 3D
</td>
<td>Parametrizado
La parametrización de este elemento es especial ya que de él solo se deriva un punto de conexión.

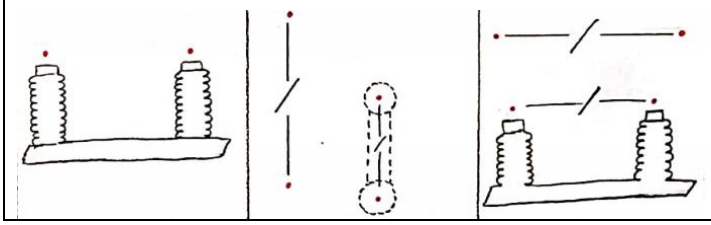
La vista en la planta se puede realizar hacia uno de los costados
<u>Vista</u>
Emplear color verde para las líneas Emplear distintos tipos de líneas. Líneas “ --- “ símbolo (línea continua)</td>
</tr>
<tr>
<td>• Seccionador de rotación central, apertura central, semi-pantografo, apertura vertical
Planta. 3D
</td>
<td>Parametrizado
<u>planta</u>
las líneas en función de la distancia entre terminales
El “/” en un porcentaje del 20% de la distancia mencionada
<u>Lateral</u>
Condicionados por el ancho de los puntos de conexión
<u>Vista</u>
Emplear color verde para las líneas Emplear distintos tipos de líneas. Líneas “ --- “ símbolo (línea continua)</td>
</tr>
</table>

Fig 34. Simbología en la unidad de Transmition Solutions

Esto es una muestra de lo que se hizo en la unidad de Transmission Solutions (**TS**) y luego se digitalizo con el fin de que hagan parte del software anexando los modelos, parametrización y símbolos respectivos de acuerdo a la normativa para que sea fácil identificación por cualquier usuario que tenga acceso a la base de datos. Además estos símbolos permiten una reducción en la respuesta de la máquina de cómputo ya que en el proceso de conexión eléctrica de templetes y demás uniones eléctrica, hace que el software procese más fácil sin tanta información.

Precisamente la parametrización se realiza porque la metodología BIM implica que el uso de cualquier dispositivo dentro del proyecto genere los cambios necesarios en toda la estructura, como resultado se tienen dispositivos más automatizados

minimizando el error en la adaptación en cuanto a medidas. Todo lo anterior se registra dentro de una base de datos en Excel.

Cada característica agregada y mejorada dentro del software tiene grandes ventajas como lo son la reducción de tiempo y acceso remoto al proyecto ya que se van generando cambios a nivel general de la estructura implicando cambios mínimos, al mismo tiempo que se identifican los posibles errores o ajustes necesarios para adecuar la estructura.

7.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS EN LA UNIDAD DE TRABAJO DIGITAL GRID

En la unidad Digital Grid (**DG**), como se había nombrado anteriormente es parte fundamental en el diseño ya que corresponde a la ingeniería de detalle e ingeniería secundaria, por lo cual el trabajo en esta unidad es mucho más riguroso ya que toda acción a realizar debe cumplir una serie de protocolos que finalmente la darán como ejecutada.

Muchos proyectos requieren cierta información para ser presentada en forma de tabla. Para este propósito, Engineering Base proporciona una serie de hojas de trabajo. Con las cuales es posible organizar la información y mostrarla incrustada en las hojas como una tabla; Aunque es posible usar las hojas de trabajo de E.B. para crear tablas, a veces la personalización proporcionada por la hoja de trabajo no es suficiente. Para estos casos se puede utilizar la herramienta E.B-Table. [34]

En esta unidad fue indispensable el manejo de macros y se realizó mediante el uso del software EB-table (E.B.). Esta herramienta fue utilizada debido a que cualquier tipo de proyecto requiere información organizada en tablas y en Engineering Base se provee de dicho software.

Teniendo en cuenta que la E.B. Table es una herramienta para crear “custom tables” que las “normal Worksheet” por lo cual en el siguiente diagrama se explica la operación básica de la E.B.

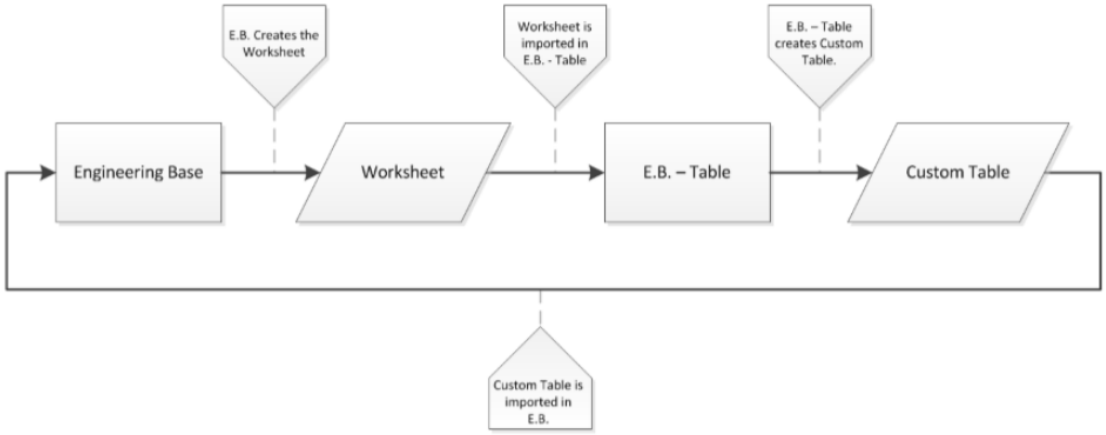


Fig. 35 Diagrama de flujo del trabajo en el software EB – Table para creación de macros [35]

7.3.1. Implementación y elaboración de instructivos de script

Para esta unidad se llevó a cabo la elaboración de dos instructivos de Script, el primero que hace referencia al Procedimiento para la generación de listado de conexionado multiconductor y el segundo Procedimiento para la generación del listado de equipos. A continuación se dará un resumen corto de lo que son lo instructivos y la entrega final dada al director externo quién lo evalúo y lo aprobó:

7.3.1.1. Instructivo para el Procedimiento de Generación Del Listado De Conexionado, Multiconductores

Se realiza una serie de protocolos que finalmente deben resultar en el instructivo para la creación de Scripts. En la siguiente imagen se da a conocer Las características relevantes del documento y posteriormente se da un resumen de cómo se obtuvo el resultado del mismo.

Document History

Document title	Procedimiento Generación De Scripts
Subject	Procedimiento Generación De Listado De Conexionado, Multiconductores
Copyright	Siemens AG
Authors	B. Cortes RC-CO EM DG SYS SC-EN M
Revised	F. Tunarrosa RC-CO EM DG SYS SC-EN
Approved	R. Yate RC-CO EM DG SYS SC-EN
Last changed	DIC. 11, 2018
Number of pages	21
File name	Procedimiento Generacion de listado de Conexionado Multiconductores.Docx

Tabla 7. Instructivo para generación de listado de conexionado, Multiconductores.

a) Historial del documento

- Ejecutar Macro: Se realiza el llamado a la macro.
- Import Worksheet: Siendo que se trabaja con diferentes equipos es necesario importar la ventana de trabajo del dispositivo que se va a configurar o crear.
- Adecuación de Datos: Cada dispositivo se clasifica y se asigna la información relevante que facilite su organización dentro de las tablas de datos. Es por eso que dentro de esta opción se agregan o eliminan columnas dependiendo del tipo o especificaciones técnicas del dispositivo a crear o configurar. Es en este paso cuando se indica la manera correcta de eliminar o agregar una columna de información dentro del software E.B.
- Insertar Columnas: Dentro del software se tienen familias ya creadas es por eso que en esta sección la incorporación de una columna es más sencilla porque ya existen títulos prediseñados. Aunque en todos los dispositivos nuevos o que se realizan innovaciones es necesario insertar o modificar, respectivamente, la(s) columna(s), "LUGAR DE MONTAJE" que tienen como finalidad mostrar el lugar de montaje de cada uno de los Multiconductores y que la herramienta EB_TABLE permite esto con mayor facilidad; Teniendo en cuenta que son varios los atributos que debe tener cada conexionado se crean subcolumnas en cada "LUGAR DE MONTAJE" de acuerdo al tipo de conexionado que se va realizar, los cuales son:
- Atributos del cable
- Número de conductores
- Cable Cross Section
- Designación de cables

b) Creación de la macro en el software EB-Table:

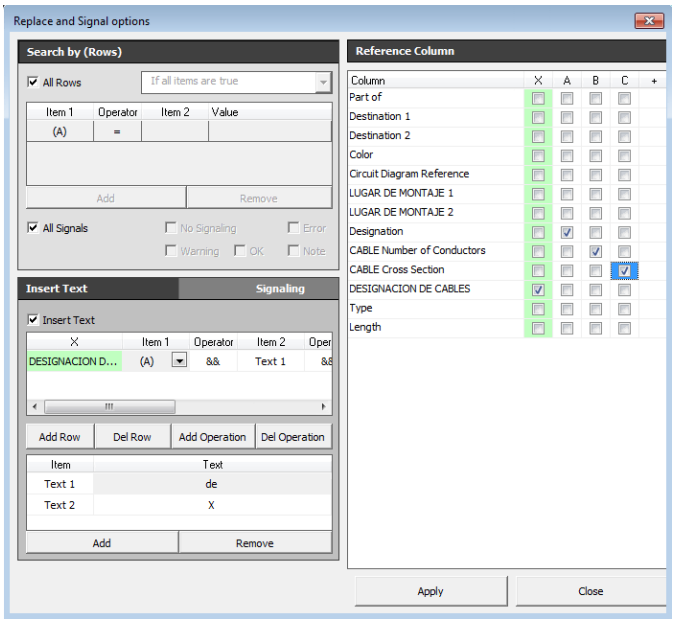


Fig. 36 Creación inicial de la macro en el software EB-Table

Posteriormente se asigna el nombre con el cual va a ser identificado el conexionado. Luego, se irán desglosando características como la designación y número de bornes que indicaran el punto a conectar. Con la configuración anterior es posible realizar algunas pruebas para identificar fallas y corregirlas dando como resultado el Instructivo para el listado de conexionado.

7.3.1.2. Instructivo para el Procedimiento para la generación de Listado general de Equipos

En la elaboración de este, se da a conocer la metodología con la cual se creó el instructivo y algunas imágenes en las que se muestra la evolución del listado.

a) Historial del documento

- Ejecutar Macro: Se realiza el llamado a la macro, sin olvidar que este procedimiento se realiza mediante la herramienta **EB Table**
- **Import Total Devices** El instructivo lo que permite es conocer de forma clara los pasos que se deben llevar a cabo para seleccionar los diferentes equipos que se van a utilizar y su disponibilidad.
- **Disponibilidad:** La disponibilidad del equipo se tiene ya sea por número o por descripción, dentro de la herramienta se tiene por defecto por numeración. En caso de requerir el detalle de los equipos que conformaran la lista se puede activar, ademas de haber columnas con información n relevante dependiendo del uso del equipo se tiene la facilidad de eliminar o agregar de acuerdo a las necesidades del profesional que hace uso del software.

Puesto que dentro de los software a utilizar hacen falta diferentes equipos y sus características es por eso que se involucra diferentes equipos mediante la creación del diagrama “Z” y el uso de bases de datos. Entiéndase diagrama “Z” como el diagrama que permite saber cuál es un diagrama que representa cada uno de los terminales que componen el equipo. De igual forma se ha apoyado al equipo de Transmission Solutions con la elaboración de modelos y plantillas que son usados en la oferta de subestaciones de alta tensión, quienes han elaborado transformadores, modelos de casetas estándar de los equipos de potencia, y se empezó con la creación de símbolos que sean representativos típicos de los equipos de potencia de una subestación, lo que ha permitido una reducción de tiempos basado en una visualización más simple que permite un mejor desempeño del equipo de cómputo.

7.3.2. Elaboración de equipos en el software Engineering Base

Dentro de los resultados alcanzados, cabe destacar el procedimiento de elaboración de los equipos en el software de diseño de Engineering base.

Este proceso parte de la necesidad que tenga el proyecto o de una oferta a entregar el cliente, y en esta etapa del proceso en donde se tienen que cumplir con las especificaciones que el cliente este pidiendo, para esto se miran los documentos que el fabricante entrega como lo son el datacheet y el manual del equipo a elaborar, en este se encuentran datos de entrada como de salida, alimentación y puntos de conexión acompañados del diagrama eléctrico del equipo (ZETA).

Luego de validar toda la información se continúa con la elaboración del equipo o elemento en el software, en software internamente maneja una jerarquía dentro del proyecto, como se ve a continuación.

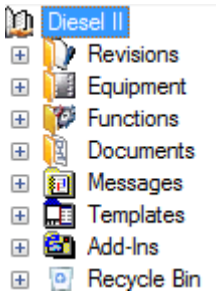


Fig. 37 Jerarquia de la información para el diagrama Z de equipos

En la carpeta de Equipos, se puede encontrar todo lo relacionado con los componentes del dispositivo, para este caso se trabajará con un interruptor de caja moldeable marca Siemens cuya referencia correspondiente a la familia de los 3VA.

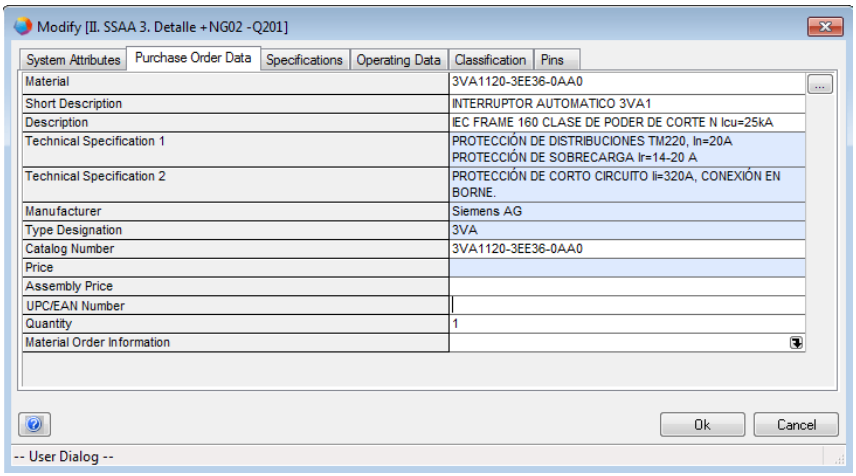
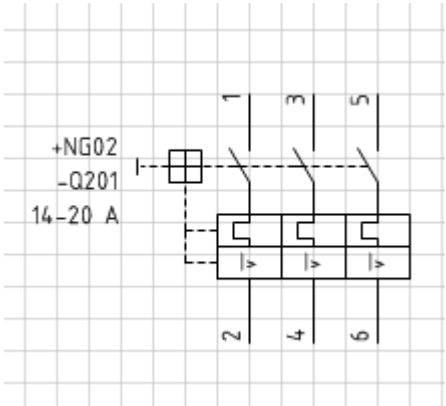


Tabla 8. Configuración de la macro en EB-Table

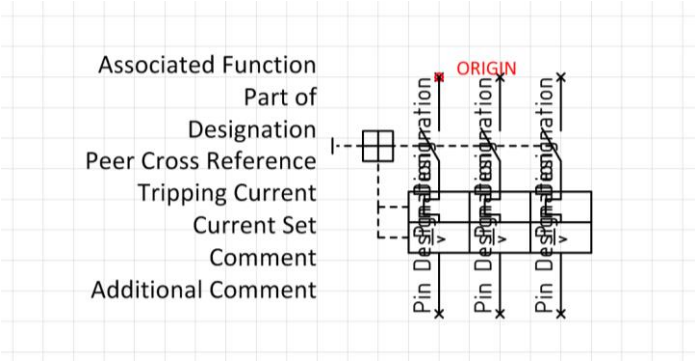


Fig. 38 Organización interna para especificaciones del equipo

El equipo lleva por nombre -Q201, por protocolos de la empresa, en la imagen anterior se puede observar los 6 puntos de conexión del interruptor tripolar, además de 2 accesorios que corresponden a los contactos auxiliares, los cuales se emplean para la señalización del estado del interruptor para poder crear lógicas de enclavamientos con ellos; Este dispositivo corresponde a la figura **39 a)** a continuación. Para poder llegar a ella, se tiene que pasar por un editor de gráficos y texto que tiene el software incluido el cual es **Microsoft Visio**



a) Edición en Microsoft Visio



b) Detalles de conexionado para el equipo

Fig 39. Realización del Esquema del equipo para utilizar en Revit

En la **39 b)** se puede observar el esquema del equipo a trabajar siendo allí donde se establecen los parámetros que se mostraran en el detalle de la ingeniería, además de la definición de todos su puntos de conexión, en este punto cada pin corresponde según su función, existen pines eléctricos, pines de tierra, contactos normalmente cerrados “NC”, contactos normalmente abiertos “NO”, además de pines correspondientes a bobinas de energización, neutros y demás, esto depende del punto de conexión que requiera el equipo, lo cual sale de la validación de información mencionada anteriormente.

Todas estas plantillas creadas, tienen de igual forma una categorización dentro del software, en la cual se clasifican según el tipo de equipo o elemento. Como se ve en la imagen 40:

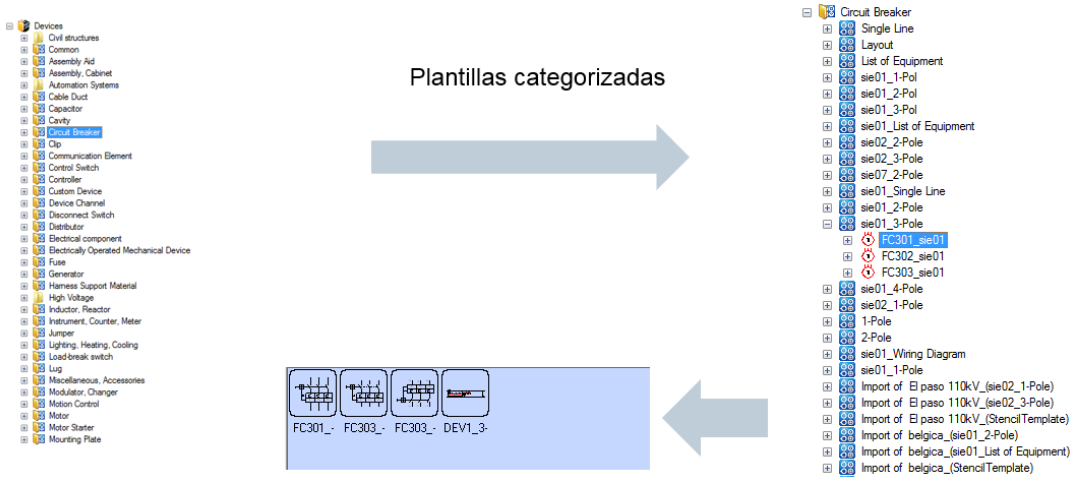


Fig. 40. Organización y uso de plantillas

Finalmente, en la creación del equipo se debe tener en cuenta que la representación mostrada solo es para visualización del equipo y poder realizar la ingeniería de detalle. Además, se requiere de una visualización de todos los componentes del dispositivo y es a esto a lo que se le denomina **ZETA**, teniendo en cuenta que también está creada en el **Microsoft Visio**, aunque ahí se plasman toda la información y cruces que emplea el equipo, en la siguiente imagen se puede observar el interruptor del ejemplo con sus 6 pines, y además de ello una área dinámica en la cual van todos los accesorios que tiene el equipo, es allí donde se ubican los contactos auxiliares.

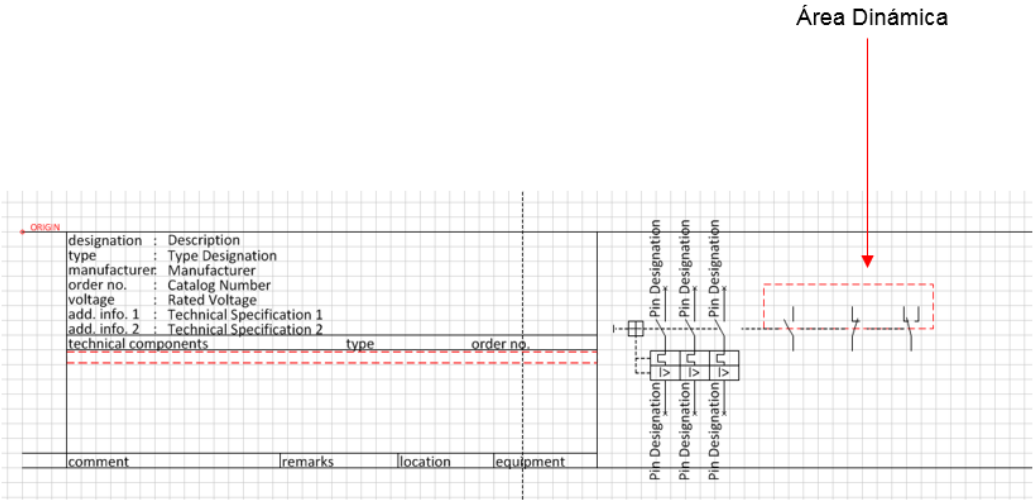


Fig. 41 Visualización del diagrama Z en el software Microsoft Visio

Del mismo modo que la representación de los equipos, los diagramas (ZETA) tienen su clasificación como se ve en la siguiente imagen:

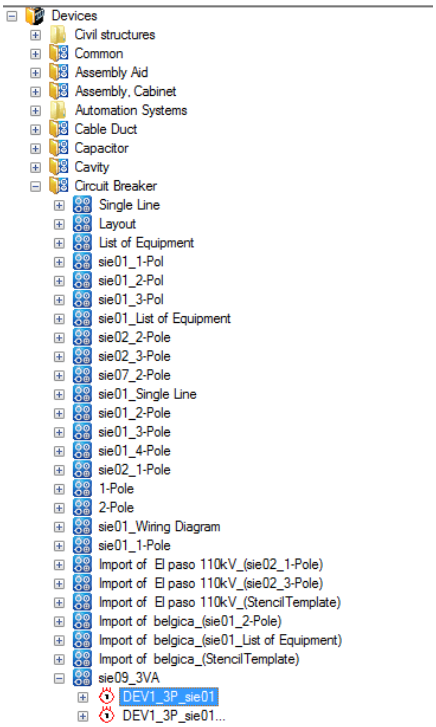


Fig. 42 Clasificación de los diagramas Z

Cuando el equipo se utiliza en DG, se genera el esquemático, lo que se observa es lo siguiente:

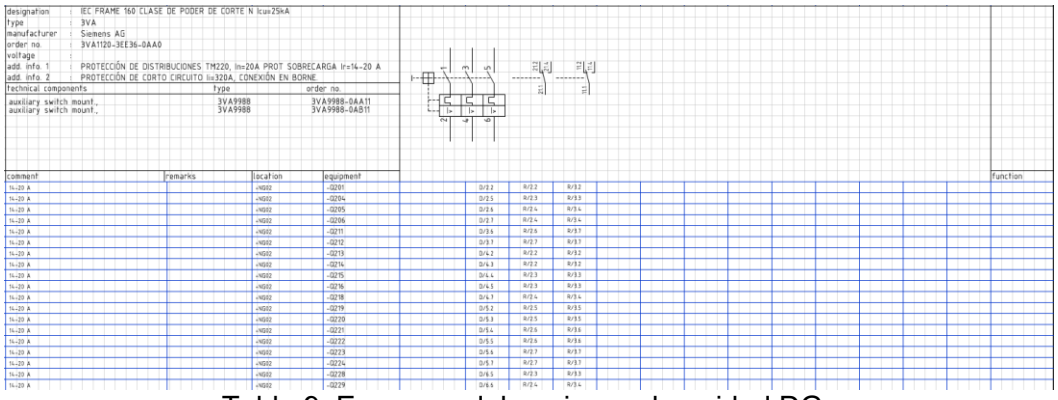


Tabla 9. Esquema del equipo en la unidad DG

7.3.3. Resultado fuente de corriente QUINT PS 100 240AC/24DC/10 – 2938604

QUINT POWER (fuente de tensión), es una fuente de alimentación en corriente Continua que es utilizada en la ingeniería secundaria con el fin de proveer cierto nivel de tensión deseado en corriente continua, garantiza seguridad en la alimentación: Condensadores holgadamente dimensionados garantizan un puenteo de falla de red de más de 20 ms a plena carga.

Todos los aparatos están protegidos en circuito abierto y contra cortocircuito y están a disposición con una tensión de salida estabilizada y ajustable de 12, 24 y 48 voltios DC con unas corrientes de salida de 2,5; 5; 10; 20 y 40 A.



Fig. 43 Fuente de alimentación en corriente continua QUINT POWER [36]

En la siguiente imagen se muestran algunos de los datos de entrada y salida de la fuente Quint, esto con el fin de que dichos datos se puedan registrar en el software de diseño, Engineering Base durante la creación del equipo, en post de una buena base de datos.

Datos de entrada

Margen de tensión nominal de entrada	100 V AC ... 240 V AC
Rango de tensión de entrada	85 V AC ... 264 V AC
	90 V DC ... 350 V DC
Gama de frecuencias AC	45 Hz ... 65 Hz
Gama de frecuencias DC	0 Hz
Corriente de derivación a tierra (PE)	< 3,5 mA
Absorción de corriente	aprox. 2,34 A (120 V AC)
	aprox. 1,2 A (230 V AC)
Potencia nominal absorbida	264 W
Extracorriente de cierre	< 15 A (típico)
Puenteo en fallo de red	> 50 ms (120 V AC)
	> 50 ms (230 V AC)
Fusible de entrada	6,3 A (Lento, interno)
Selección de fusibles apropiados	10 A ... 16 A (Característica B, C, D, K)
Denominación de la protección	Protección contra sobretensiones transitorias
Circuito de protección/componente de protección	Varistor

Datos de salida

Tensión nominal de salida	24 V DC ±1 %
Rango de ajuste de la tensión de salida (U_{set})	22,5 V DC ... 28,5 V DC
Corriente nominal de salida (I_N)	10 A (hasta 60 °C)
POWER BOOST (I_{Boost})	15 A
Derating	60 °C ... 70 °C (2,5 % / K)
Posibilidad de conexión en paralelo	Sí, para redundancia y aumento de potencia
Posibilidad de conexión en serie	Sí
Resistencia de recirculación	35 V DC
Protección contra sobretensión a la salida	Sí, limitada a aprox. 35 V DC
Carga capacitiva máxima	Ilimitado
Limitación de corriente activa	aprox. I_{BOOST} = 15 A (en caso de cortocircuito)
Desviación de regulación	< 1 % (cambio de carga estático 10 % ... 90 %)
	< 2 % (cambio de carga dinámico 10 % ... 90 %)
	< 0,1 % (cambio de tensión de entrada ±10 %)

Tabla 11. Especificaciones Técnicas de la fuente QUINT POWER

En la siguiente imagen se muestra el esquema que representa el equipo (Fuente Quint) lo cual está establecido por el fabricante.

Se puede observar que tiene 3 puntos de conexión para la entrada, los cuales son destinados para su alimentación, y de aquella tensión es donde la fuente toma energía para suplir las cargas que están conectadas a ella.

De igual manera se observan 6 puntos de conexión para su salida, en donde 4 de ellos son los terminales positivo y negativo para la conexión de las cargas a suplir, además la fuente cuenta con un contacto de señalización de falla, el cual se utiliza para enviar señal a un controlador para hacer una correcta gestión de la información que este maneja.

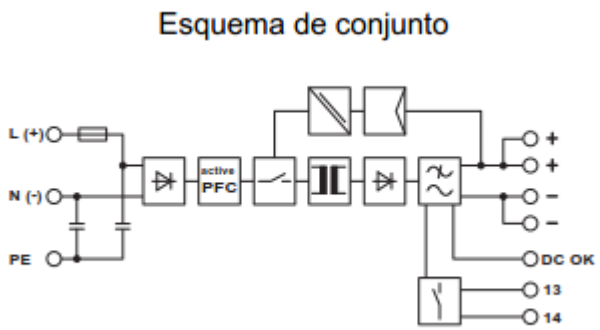


Fig. 44 Esquema de funcionamiento de la fuente QUINT POWER [37]

Teniendo los datos de entrada del dispositivo se puede proceder con la creación del mismo en el software de diseño, con sus componentes y su uso en una ingeniería de servicios Auxiliares.

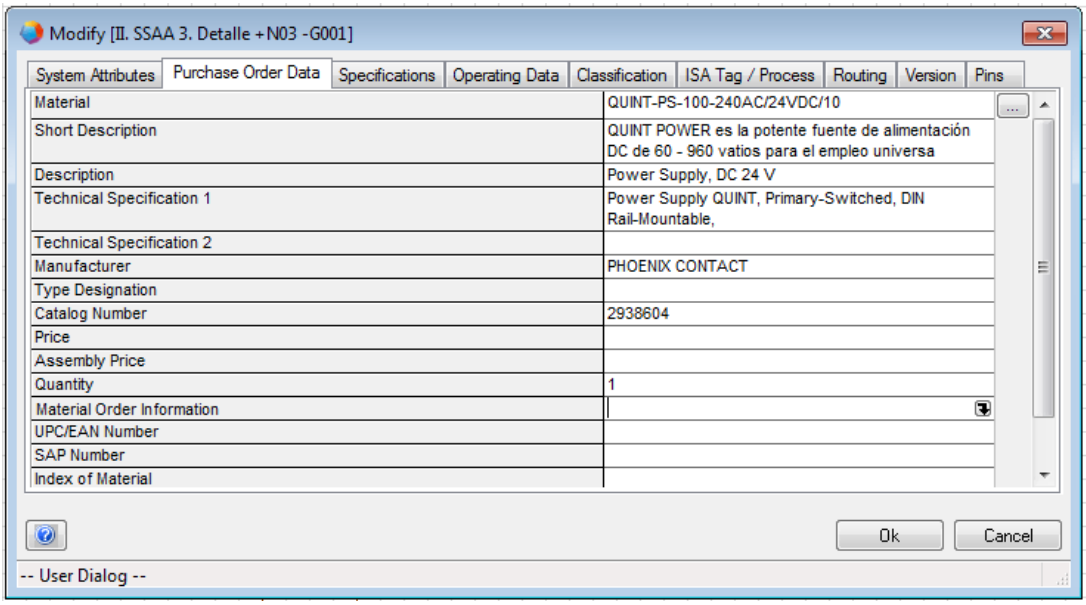


Tabla 12. Datos digitalizados de acuerdo a las especificaciones del equipo

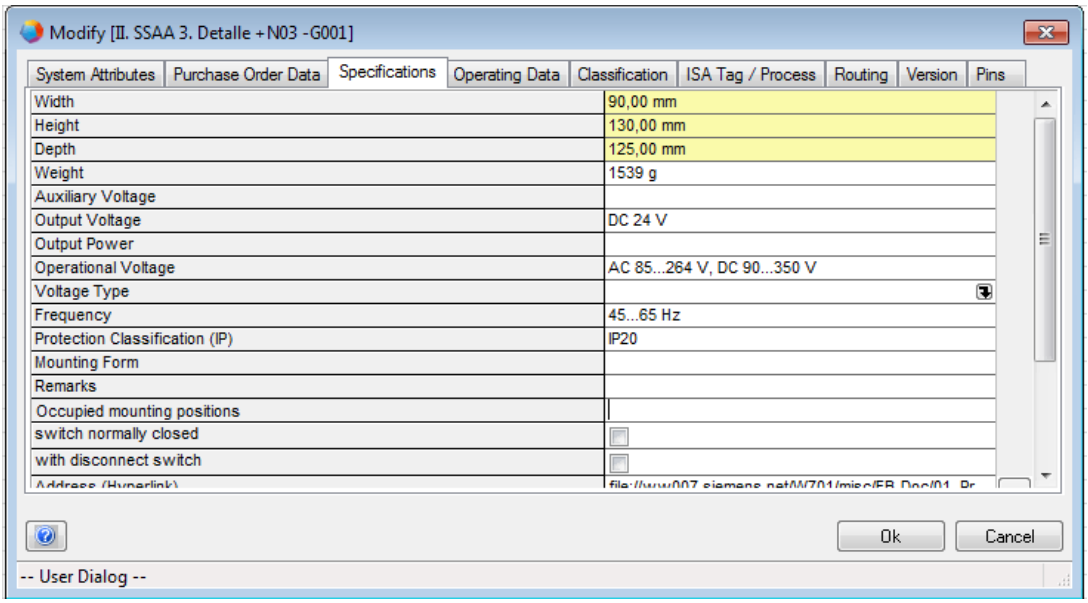


Tabla 13. Datos digitalizados de acuerdo a las especificaciones del equipo

En las imágenes anteriores se ven evidenciados los datos de la fuente Quint suministrados por el fabricante, diligenciados en el software.

En la siguiente imagen se puede observar el árbol de jerarquía del equipo, en el cual se encuentra su fuente de alimentación constituida por un terminal de línea (L) uno de neutro (N) y finalmente la tierra (PE), además correspondiente al esquema que el fabricante ofrece se puede observar los puntos de conexión como lo son sus salidas + y – además de los otros puntos de conexión como DC OK y I<IN.

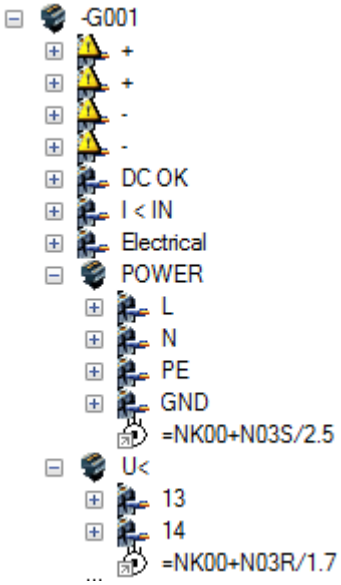


Fig. 45 Información jerárquica del equipo

Posterior a que el equipo es creado, se procede con la elaboración del esquema Z (Diagrama de circuito), en donde se evidencian todos los puntos de conexión anteriormente descritos

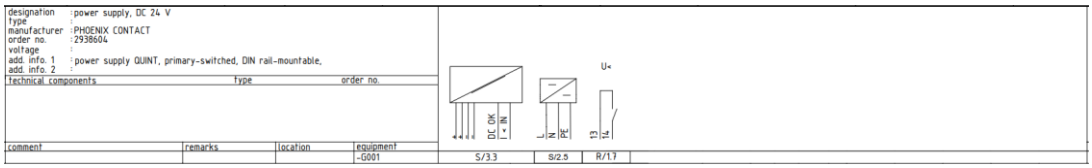


Fig. 46 Diagrama Z del circuito

El esquema que se muestra anteriormente debe coincidir con el que el fabricante entrega, ya que si no lo hace los puntos no cruzarían y puede generar problemas de cableado del equipo con toda la demás integración.

Finalmente, el equipo es dispuesto en la base de datos con la finalidad de poder ser utilizado en una ingeniería que está en proceso de servicios auxiliares para la subestación Diesel II

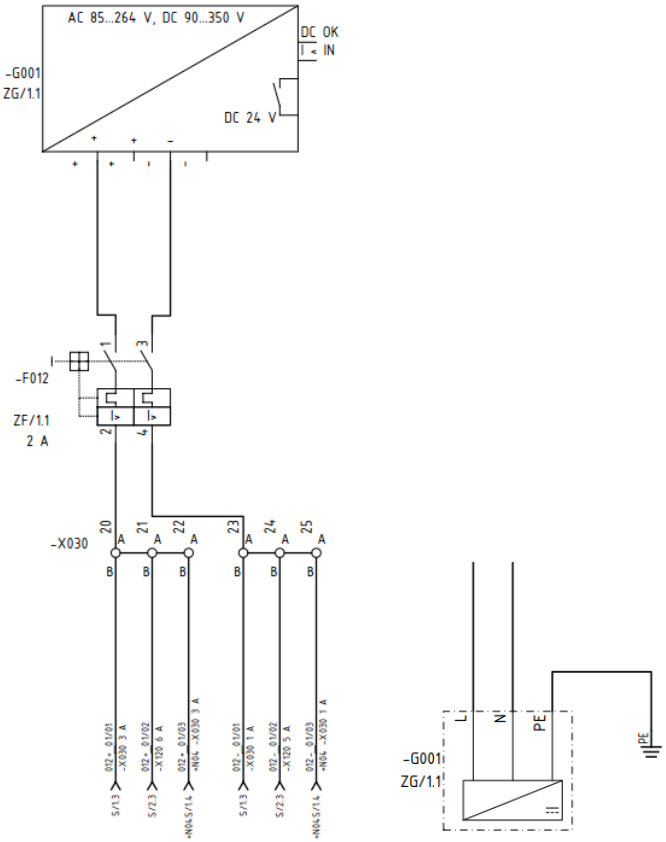


Fig. 47 Disposición final del equipo dentro del software

7.3.4. Protección contra sobretensiones para fuentes de corriente DC (SPD clase II, tipo 2)
Dispositivo de protección contra sobretensiones enchufable sin corriente de fuga para 2-pos. Sistemas de tensión de CC aislados y conectados a tierra con características de funcionamiento lineal de hasta 120 V CC, para montaje en riel DIN, 3 polos. Elemento base con contacto de indicación remota, tres elementos de protección con control de temperatura conectables, mensaje de estado en cada enchufe



Fig. 48 Protección contra sobretensiones para fuentes de corriente DC (SPD clase II, tipo 2) [38]

En la página del fabricante se pueden encontrar los siguientes datos correspondientes al equipo VAL-SEC-T2-2+F-120DC-FM-1033788 (Protección contra sobretensiones)

Protective circuit

Nominal voltage U_N	100 V DC ... 120 V DC
Maximum continuous voltage U_C	150 V DC
Rated load current I_L	40 A (Biconnect M4 fork-type cable lug 6 mm²)
	63 A (TWIN ferrule 2 x 10 mm²)
Residual current I_{PE}	≤ 5 µA
Nominal discharge current I_n (8/20) µs	20 kA
Maximum discharge current I_{max} (8/20) µs	40 kA
Total discharge current I_{total} (8/20) µs	40 kA
Short-circuit current rating I_{SCCR}	0.2 kA (without backup fuse)
	6 kA (for 20 A gG/B backup fuse)
Voltage protection level U_p (DC+) - (DC-)	≤ 1.8 kV
Voltage protection level U_p (DC+/DC-) - PE	≤ 1.3 kV
Front of wave sparkover voltage at 6 kV (1.2/50) µs (DC+/DC-) - PE	≤ 1.1 kV
TOV behavior at U_T	174 V DC (5 s / withstand mode)
	25 ns
	100 ns
Max. backup fuse with V-type through wiring	20 A (gG / B at I_{SCCR} > 200 A)
Max. backup fuse with branch wiring	20 A (gG / B at I_{SCCR} > 200 A)

Back to top

Additional technical data

Maximum continuous voltage U_C	135 V AC (for operation in safety lighting systems)
Maximum continuous operating voltage U_{CPV}	150 V DC
Short-circuit current rating I_{SCPV}	1000 A
Continuous operating current I_{CPV}	10 µA

Indicator/remote signaling

Switching function	PDT contact
Operating voltage	5 V AC ... 250 V AC (Altitude ≤ 2000 m amsl)
	5 V AC ... 150 V AC (Altitude > 2000 m amsl)
	125 V DC (200 mA DC)
Operating current	5 mA AC ... 1 A AC
	1 A DC (30 V DC)
Connection method	Plug-in/screw connection via COMBICON
Screw thread	M2
Tightening torque	0.25 Nm
Stripping length	7 mm
Conductor cross section flexible	0.14 mm² ... 1.5 mm²
Conductor cross section solid	0.14 mm² ... 1.5 mm²
Conductor cross section AWG	28 ... 16

Tabla 14. Especificaciones Eléctricas del equipo suministradas por el fabricante

De igual forma el fabricante entrega el esquema de puntos de conexión del equipo, como se observa en la siguiente imagen, el cual está compuesto por 3 puntos de conexión, línea (L) tierra (PE) y neutro (N), además de contar con un contacto conmutable para su señalización conformado por los pines 11,12 y 14. [39]

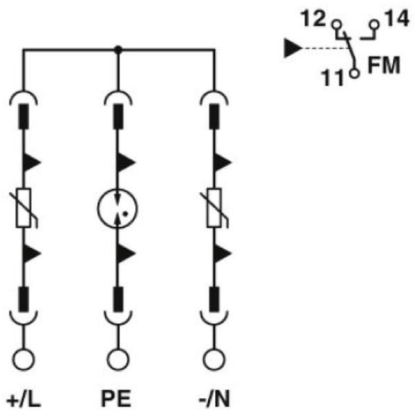


Fig. 49 Esquema de conexionado para el equipo, suministrado por el fabricante

A continuación, se muestra el dispositivo de protección contra sobretensiones elaborado en el software en donde se incluyen sus características y datos técnicos como se puede observar en la siguiente imagen.

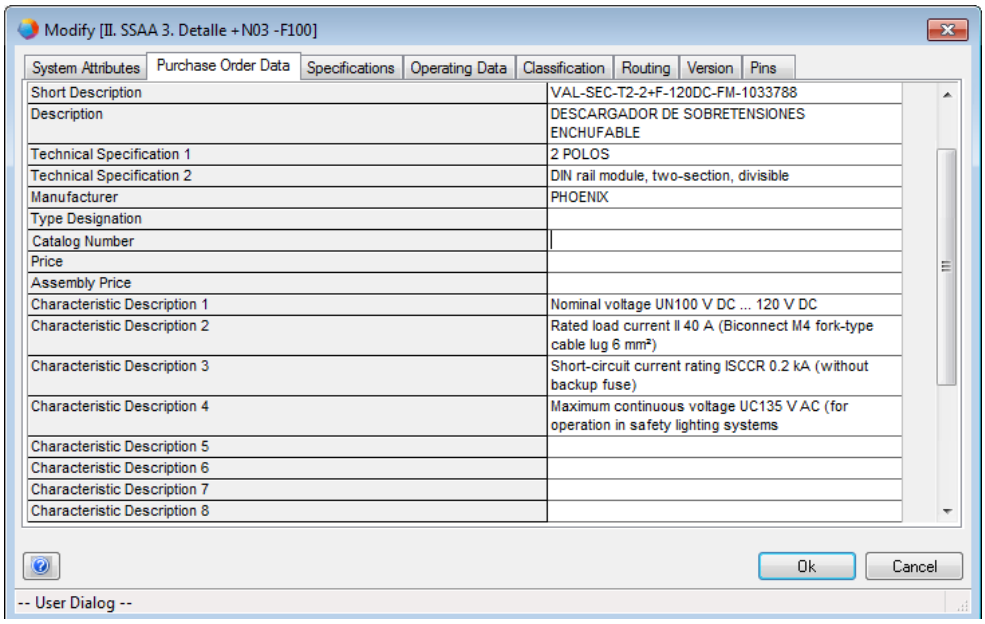


Tabla 15. Digitalización de la información del equipo

Internamente por directrices de la empresa todos los equipos están catalogados por su función en letras, para el caso del Protección contra sobretensiones su "designación" es F100, en la siguiente imagen se puede observar el equipo ya creado con sus respectivos puntos de conexión y su contacto conmutable.

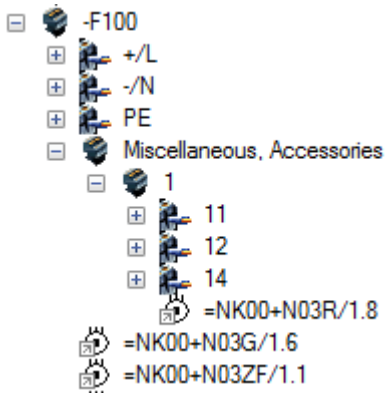


Fig. 50 Organización de la información de acuerdo a su conexionado

Para la validación de los puntos de conexión se procede con la elaboración del ZETA (Diagrama eléctrico la protección de sobre tensiones) en donde este debe corresponder al entregado por el fabricante.

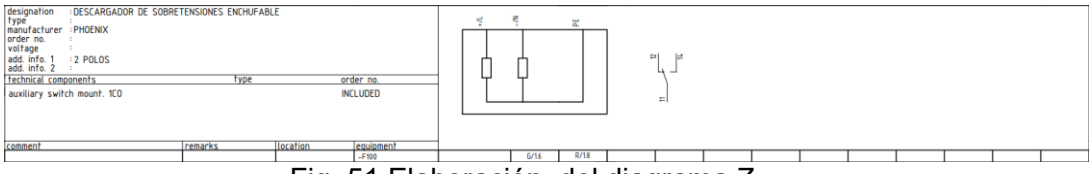


Fig. 51 Elaboración del diagrama Z

Final mente cuando se termina el proceso de la elaboración del equipo este se lleva a la base de datos conjunta y se deja disponible para su implementación.

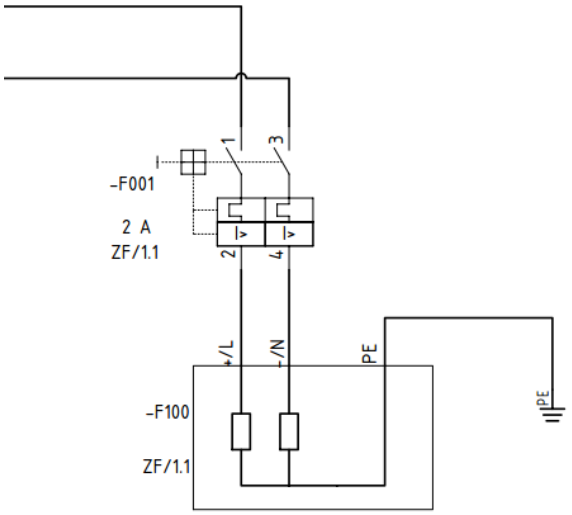


Fig. 52 Disposición final del equipo dentro del software

En la siguiente imagen se encuentra el contacto conmutable de la protección contra sobretensiones, empleado para una señalización que va dirigida a un controlador del tablero de servicios auxiliares con el fin de poder hacer un control óptimo de la tensión que se presenta en el barraje de corriente continua.

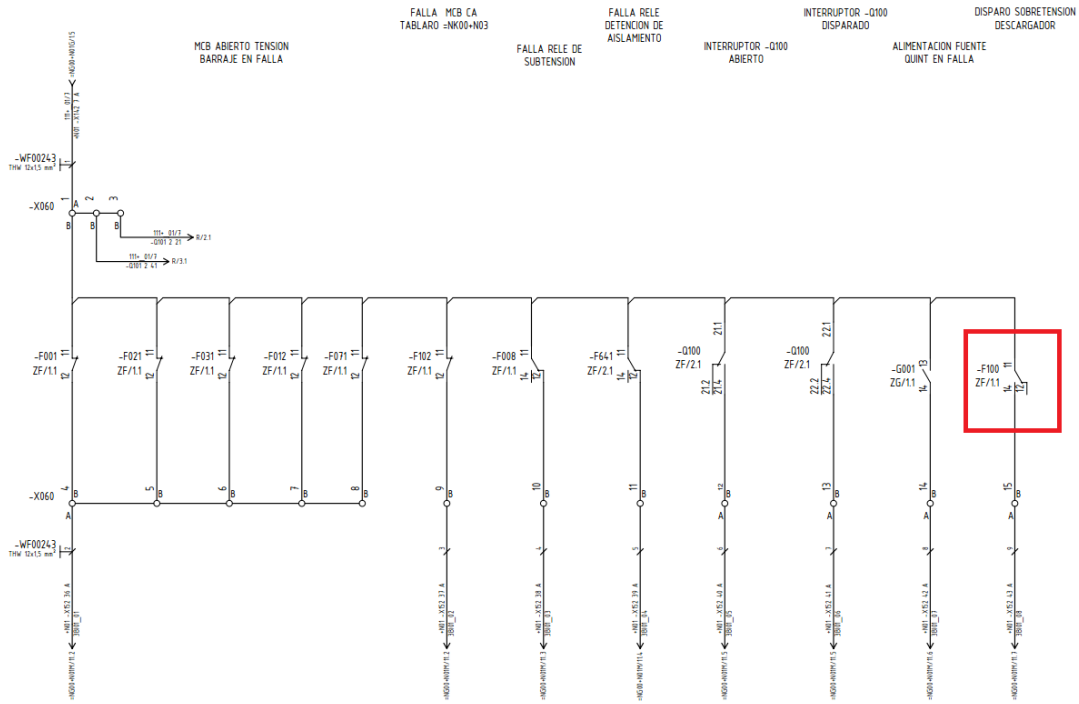


Fig. 53 Implementación de la protección dentro de un sistema eléctrico

7.3.5. 3UG4582-1AW30 (Relé de detención de aislamiento)
Relé de vigilancia de aislamiento para redes (TI) sin puesta a tierra hasta 250 V AC, 15-400 Hz y hasta 300 V DC Rango de medida 1- 100 kOhm Tensión de alimentación 24-240V AC/DC 22,5 mm, 1 conmutado borne de tornillo



Fig. 54 Relé de vigilancia de aislamiento para redes [40]

En la siguiente imagen se puede apreciar los puntos de conexión del rele de detección de aislamiento de una manera física con una corta descripción de cada uno de ellos.

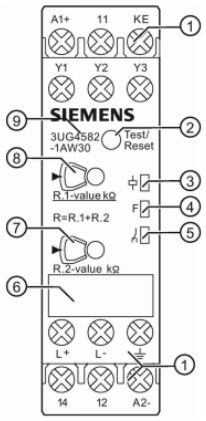
Vista frontal	Descripción	
	**Cifras de posición**	
	①	Bloque de bornes: La conexión puede efectuarse mediante bornes de tornillo.
	②	Tecla Test/RESET
	③	Indicador de estado: LED de estado de dispositivo ⇨ (verde)
	④	Indicador de estado: LED de estado de monitoreo F (rojo)
	⑤	Indicador de estado: LED de estado de contacto de salida 𝑘 (amarillo)
	⑥	Plaquita de inscripción
	⑦	Botón giratorio para ajustar la resistencia de aislamiento (R.2 para la cifra de unidades de R)
	⑧	Botón giratorio para ajustar la resistencia de aislamiento (R.1 para la cifra de decenas de R) El valor ajustado "0" se muestra resaltado en amarillo.[1)]
	⑨	Referencia del aparato
	Numeración de bornes	
	A1+	Tensión asignada de alimentación del circuito de control ~/+
	A2-	Tensión asignada de alimentación del circuito de control ~/-
	Y1	Entradas de control; control libre de potencial (flotante)
	Y2	Y1-Y3: test remoto
	Y3	Y2-Y3: reset remoto/reset automático
	L+	Entrada de señal de medida, conexión a fase o a L+
	L-	Entrada de señal de medida, conexión a fase, conductor neutro o L -
	KE	Entrada de señal de medida, conexión de tierra de control para monitoreo de rotura de cable
	⏚	Entrada de señal de medida, conexión de tierra
	12	Relé de salida K1 Contacto conmutado, NC
	11	Relé de salida K1 Contacto conmutado, terminal común
	14	Relé de salida K1 Contacto conmutado, NO

Tabla 16. Puntos de conexión y especificaciones del Relé de vigilancia de aislamiento para redes [41] a)

Los relés de monitoreo de aislamiento 3UG4582/3UG4583 se alimentan con una tensión asignada de alimentación del circuito de control de 24 V a 240 V AC/DC y monitorean la resistencia de aislamiento según IEC 61557-8 en redes AC IT con circuitos DC con contacto galvánico o en redes DC IT.

Los relés de monitoreo de aislamiento 3UG4582/3UG4583 utilizan un nuevo método de medición basado en pronóstico para mediciones rápidas y tiempos de respuesta rápidos. Los aparatos pueden configurarse para las condiciones de aplicación correspondientes, por lo que son muy versátiles. [41]

El fabricante de este equipo es Siemens, por lo tanto, en la página del fabricante presentan la siguiente ficha técnica, esto es muy impórtate ya que de ella es donde se toman los datos para incluirlos en el software y poder hacer una buena gestión del elemento.

Datos técnicos generales	
Función del producto	Monitor de aislamiento
Tipo de corriente	
• para vigilancia	AC/DC
• para mando	CA/CC
• de la alimentación de tensión de mando	AC/DC
Resistencia a tensión de choque valor asignado	6 000 V
Grado de protección IP	IP20
Corriente térmica del elemento conmutador con contactos máx.	4 A
Designaciones de referencia según DIN 40719, ampliado según IEC 204-2 según IEC 750	K
Identificadores de los equipos según IEC 81346-2:2009	K
Designaciones de referencia según EN 61346-2	K
Función del producto	

Tabla 17. Ficha técnica del relé de vigilancia de aislamiento para redes [42]

De igual forma el fabricarte suministra el diagrama de circuito del equipo este se puede apreciar en la siguiente figura.

Se puede observar que está compuesto por 7 puntos de conexión los cuales corresponden a los que se mencionan en la imagen 54, tiene su bobina de energización compuesta por los pines A1 y A2, además tiene 3 puntos para hacer Test y reset, y 2 para conectarse a la red en donde supervisara el aislamiento.

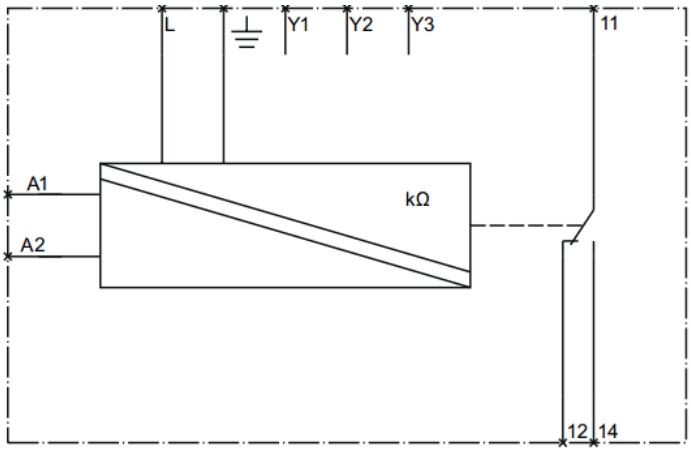


Fig. 55 Puntos de conexionado del equipo [43]

Además de los 7 puntos de conexión tiene un contacto conmutable con puntos de conexión 11,12 y 14 en donde estos responden a un diagrama funcional que ya tiene el equipo establecido y se puede observar en la siguiente imagen.

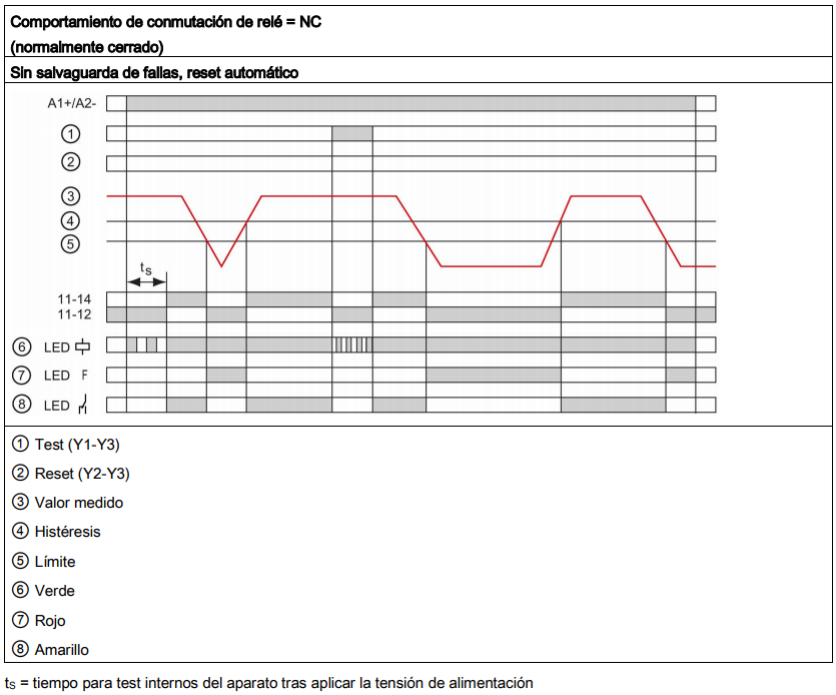


Fig. 56 Diagrama funcional del relé de vigilancia de aislamiento para redes [44]

El funcionamiento del relé de detención de aislamiento opera en 3 estados, que son los representados por los puntos 3,4 y5 si el valor medido cae por debajo de un valor límite (5) el contacto conmutable cambia su estado de reposo dando continuidad entre los pines 11-12, cuando el valor medido empieza a volver a su estado de normalidad el rele cambia su estado después de superar un valor de histéresis (4), los puntos 6,7 y 8 representan la activación o cambio de estado del rele, y los puntos 1 y 2 representan Test o Reset dependiendo de la prueba a realizar.

A continuación, se muestra el dispositivo de detención de aislamiento elaborado en el software en donde se incluyen sus características y datos técnicos.

Como se mencionó anteriormente Internamente por directrices de la empresa todos los equipos están catalogados por su función en letras, para el caso del Relé de detención de aislamiento su “designación” es F641, en la siguiente imagen se puede observar el equipo ya creado con sus respectivos puntos de conexión y su contacto conmutable.

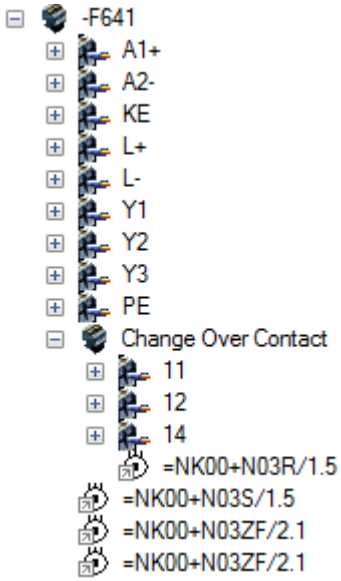


Fig. 57 Designación de la ubicación del equipo dentro del software

Para la validación de los puntos de conexión se procede con la elaboración del ZETA (Diagrama eléctrico) del equipo en donde este debe corresponder al entregado por el fabricante.

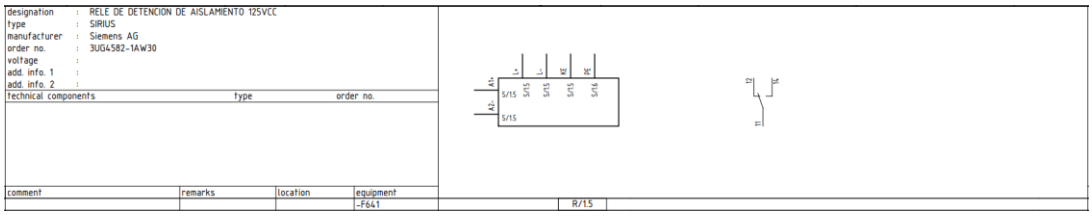


Fig. 58 Diagrama eléctrico del equipo (Z)

Finalmente cuando se termina el proceso de la elaboración del equipo este se lleva a la base de datos conjunta y se deja disponible para su implementación.

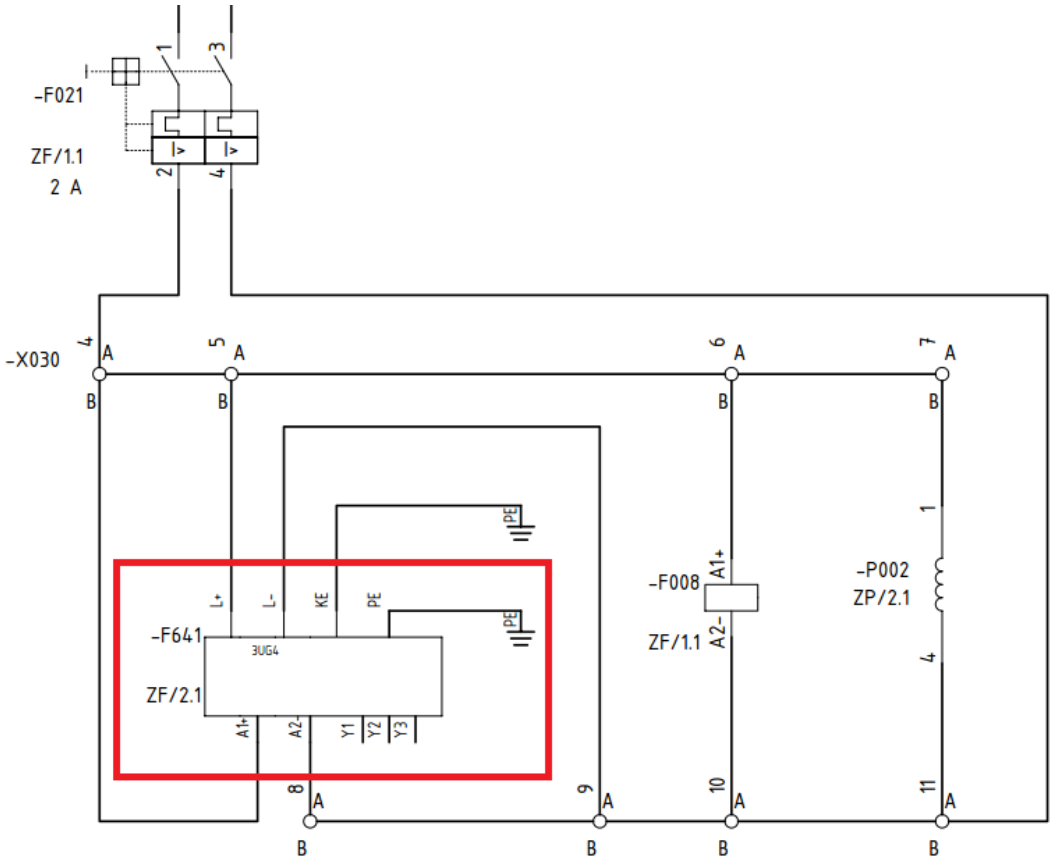


Fig. 59 Disposición final del equipo para su utilización dentro del software

En la siguiente imagen se encuentra el contacto conmutable del relé de detención de aislamiento, empleado para una señalización que va dirigida a un controlador del tablero de servicios auxiliares con el fin de poder hacer un control optimo del aislamiento que presenta la red de corriente continua, siguiendo como lógica los diagramas funcionales ya presentados.

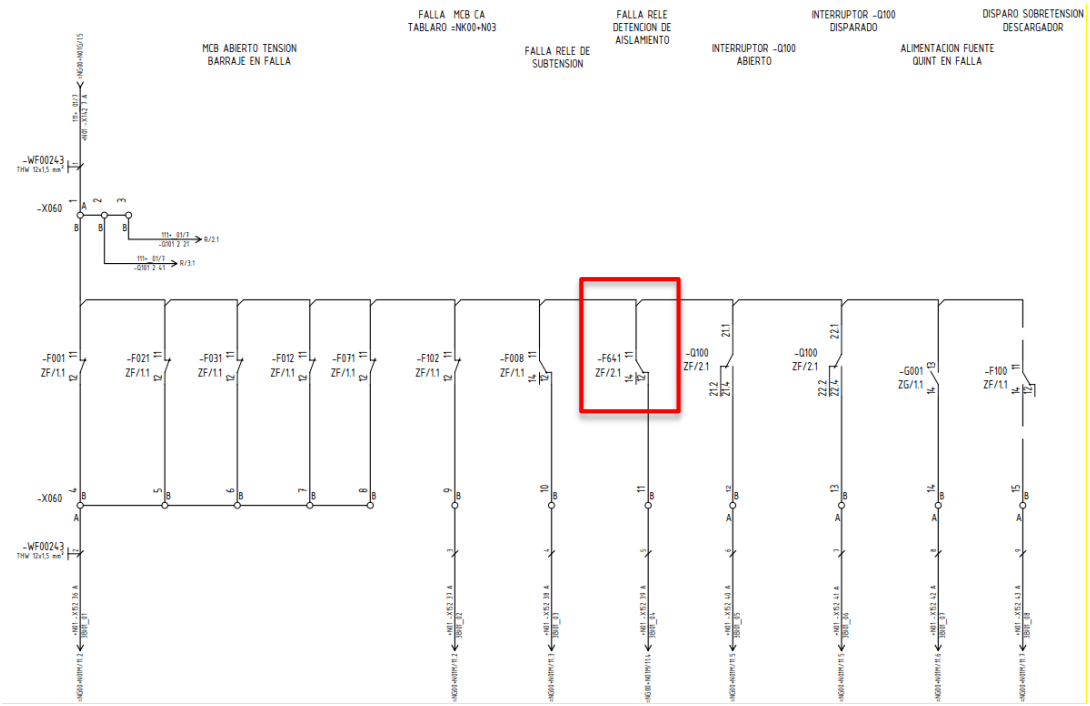


Fig. 60 Empleo del relé de detección de aislamiento [45]

7.3.6. Bases de datos de equipos

Con todos los equipos creados, se cumple el objetivo de almacenarlos en las bases de datos del software para su posterior utilización en ingenierías que se requieran elaborar.

Estas están organizadas y codificadas, como se observa en la siguiente imagen el catalogo en el que se trabajo es el que tiene por nombre "**Colombia-Catalogo_GENERAL_v0_4 Brandom**"

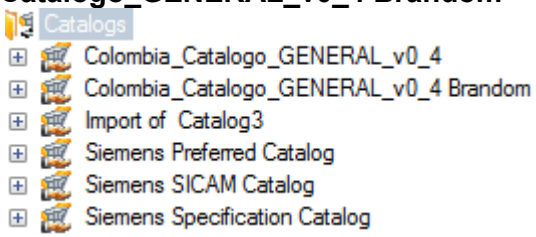


Fig. 61 Catálogos de las bases de datos en la compañía

Dentro de este catálogo se siguen las directrices ya mencionadas anteriormente de los equipos que pertenecen a ella, esto se puede apreciar en la siguiente imagen.

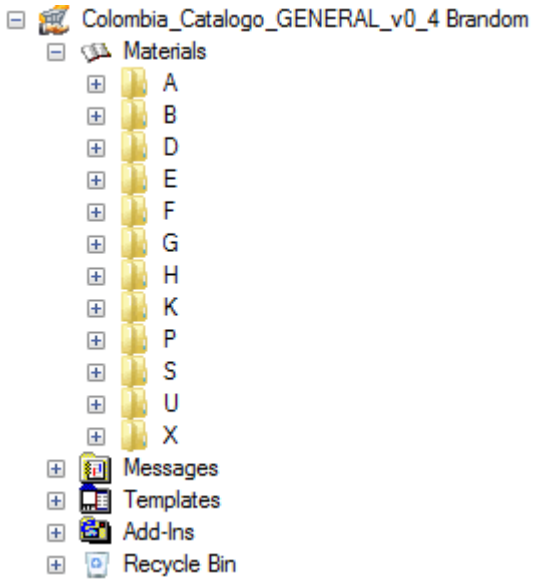


Fig. 62 Directrices de organización dentro de la empresa

Para terminar, se presenta una lista de algunos de los equipos realizados en el periodo de la pasantía en la empresa, muchos de ellos como se vio anteriormente ya están siendo utilizados en ingenierías de detalle.

	Equipo	Short Description	Type
1	3RMLG-520_7XG2252-6AA00-0AA0	SIEMENS - REYROLLE	Automation Device
2	3SU1050-4BC01-0AA0	RONIS key-operated switch, 22 mm	Control Switch
3	3SU1052-2BM60-0AA0	selector Iluminable	Control Switch
4	3SU1150-2BF60-1MA0	Selector switch, illuminable,	Control Switch
5	3SU1400-1AA10-1DA0	Contact module with 2 contact elements	Miscellaneous, Accessories
6	3SU1400-1AA10-1FA0	Contact module with 2 contact elements	Miscellaneous, Accessories
7	3SU1550-0AA10-0AA0	Base para selector de dos posiciones con retorno a cero	Miscellaneous, Accessories
8	3UG4582-1AW30	Rele de subtencion dc	Relay, Contactor, Timer
9	3UG4615-1CR20	Rele de subtencion ac	Relay, Contactor, Timer
10	3VA1120-3EE36-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO 3VA1	Circuit Breaker
11	3VA1132-3EE36-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO 3VA1	Circuit Breaker
12	3VA1150-3EE36-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO 3VA1	Circuit Breaker
13	3VA1163-3ED26-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO 3VA1	Circuit Breaker
14	3VA1196-3EE36-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO 3VA1	Circuit Breaker
15	3VA1340-4EF32-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO 3VA1	Circuit Breaker
16	3VA9988-0AA11	contacto auxiliar	Miscellaneous, Accessories
17	3VA9988-0AA12	contacto auxiliar	Miscellaneous, Accessories
18	3VA9988-0AB11	bloque de señalizacion	Miscellaneous, Accessories
19	3VA9988-0AB12	bloque de señalizacion	Miscellaneous, Accessories
20	3VL6780-1SB36-0AA0	INTERRUPTOR AUTOMATICO VL800N	Circuit Breaker
21	5SY4303-5	mini interruptor	Circuit Breaker
22	7PA2732-0AA00-2	DC 100/125 V, 4CO, 8 ms	Relay, Contactor, Timer
23	7XV7506-0CA00	Bloque de Prueba	Automation Device
24	VAL-SEC-T2-3S-175-FM-2905354	VAL-SEC-T2-3S-175-FM-2905354	Protective Device
25	VAL-SEC-T2-2+F-120DC-FM-1033788	VAL-SEC-T2-2+F-120DC-FM-1033788	Protective Device
26	PACT MCR-V2-5012-85	Transformador	Automation Device
27	PACT MCR-V2-5012-85	Transformador	Automation Device
28	PHOENIX MACX-MCR-VDC 2906242	Sensor, Transducer general	Sensor, Transducer general
29	PHOENIX MCR-SL-CUC-100-1-2308027	Sensor, Transducer general	Sensor, Transducer general
30	Q&TI B2 060 100 AD 00E0	resistencia shunt	Lighting, Heating, Cooling
31	Q&TI N24H 640400E0	Medidor digital	Automation Device
32	Q&TI N24S 340300E0	Medidor digital	Automation Device
33	QUINT-PS-100-240AC/24VDC/10	Fuente	Power Supply
34	SL7000	Energy and power quality meter	Automation Device
35	TAPCON BU	Regulador de tension	Automation Device

Tabla 18. Listado de equipos organizados y digitalizados durante el desarrollo de la pasantía

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El manejo y la depuración de las bases de datos en la unidad de negocios Transmition Solutions, permitieron organizar toda la documentación e información como brochures, catálogos manuales, planos entre otros dentro de la unidad. Siguiendo unos lineamientos coherentes y protocolos que tiene la compañía; obteniendo así una base más compacta y facilitando el flujo de trabajo e información durante las distintas fases de desarrollo de ingeniería primaria de subestaciones eléctricas de alta tensión.

Para lograr esto fue dispendioso hacer participe en capacitaciones acompañadas por ingenieros expertos en el área, los cuales dieron a conocer los lineamientos y los pasos a seguir con la organización de información, durante este proceso fue donde se explicó la codificación por medio de dígitos dependiendo del tipo de archivo a trabajar, obteniendo de esta forma la base de datos que se observa en la tabla 3, de la cual se puede concluir que se efectuó un trabajo con excelentes resultados desde la perspectiva de los ingenieros jefes de área, los cuales ya hacen uso de ella en diferentes proyectos y ofertas, además de que se espera en un futuro ampliar y seguir expandiendo la base de datos.

8.1 MODELAMIENTO DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE INGENIERA PRIMARIA

Para el modelamiento de los equipos como se mencionó anteriormente se participó en capacitaciones requeridas en el software de diseño de la unidad de negocios (REVIT), durante dicha capacitación se fortalecieron habilidades en el manejo de herramientas computacionales con el fin de usarlas en el modelamiento de equipos y elementos.

Durante la etapa de diseño de dichos elementos de igual forma se fortalecieron los conocimientos adquiridos durante la formación académica adquirida en la universidad, logrando de esta forma perfilar equipos como lo son transformadores de potencia, seccionadores, interruptores entre otros. Asimismo el concepto de diseño en la parte práctica se aglutina con en el enfoque teórico en la metodología BIM la cual se logró observar en los distintos diseños presentados, la dicha metodología está revolucionando el mundo de diseño y ejecución de los proyectos. En cuanto al campo de la Ingeniería Eléctrica tiene infinitas aplicaciones y una de ellas es la de diseño de subestaciones en donde durante la pasantía se atacó uno de los muchos frentes que y es el modelamiento de equipos. A pesar de esto, el diseño mediante la metodología BIM implementado a una subestación eléctrica, se encuentra disponible en un sin fin de campos pero desde la ingeniería

se tiene gran ventaja ya que permite la interacción de diferentes profesionales en un mismo entorno gráfico, consiguiendo grandes resultados como lo son la reducción de tiempo, mayor calidad e innovación.

8.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA UNIDAD DG

El desarrollo que se dio en la unidad de negocios de Digital GRID tuvo dos enfoques grandes, los cuales corresponden al manejo de macros para implementación y creación de Scripts con sus instructivos, la cual tuvo un fuerte enfoque en el manejo de información para fábrica, la cual incluye listados de conexionado tanto de Multiconductores como de cable mono polar, el desarrollo de la pasantía dio la posibilidad de trabajar dichos scripts para apoyar en la elaboración de ingeniería de detalle secundaria, en esta etapa del proceso se entregaron dos instructivos los cuales fueron revisados y aprobados por el ingeniero a cargo, estos instructivos tienen como fin dar conocimiento del proceso que se lleva a cabo en la herramienta y brindar apoyo en la ejecución de dicha información, a la fecha varios ingenieros que se están capacitando en el software han hecho uso de los instructivos, los cuales están a disposición de todo aquel que los requiera.

El segundo aspecto de gran importancia que se trabajó en la unidad de negocios está basado en la elaboración de equipos de ingeniería secundaria, como se observó en los ejemplos descritos en el desarrollo del documento y en parte una breve explicación de la elaboración de dichos equipos y sus componentes. se obtuvieron resultados contundentes dentro de la división, ya que la implementación de este nuevo software de diseño como lo es el Engineering Base está estipulado desde la casa matriz en Alemania y la migración a este nuevo software deja a tras el uso de software ELCAD el cual aún sigue siendo el implementado, ya que las bases de ingeniería se encuentran hechas en dicho software, y es allí cuando la importancia del trabajo realizado en la pasantía toma fuerza, ya que como el software es relativamente reciente las bases para la implementación de este se están forjando, y de igual forma la base de datos de equipos y elementos requeridos para las ingenierías es escasa, lo cual hace indispensable la elaboración de estos equipos, y el establecimiento de una base de datos en donde cada ingeniero especialista del área pueda acceder a ella. Con los resultados obtenidos se logra ver que la base de datos se está expandiendo y se busca que en un futuro este bien constituida.

Los equipos que se realizaron fueron los que por necesidad de uso en proyectos a la fecha eran de carácter prioritario, esto se vio con la elaboración de un regulador de tensión Tapcon el cual era requerido

para un proyecto de la Subestación Cordialidad, y así mismo con muchos más equipos para ingeniería secundaria de servicios auxiliares de las subestaciones Diésel II, SUR, Juanchito y demás, finalizando con el análisis se pudo obtener una base de datos la cual se está constituyendo poco a poco ya que eso demanda tiempo teniendo en cuenta todos los aspectos que son necesarios para la creación de un solo equipo.

9. ALCANCES E IMPACTOS DE LA PASANTÍA

Como se esperaba con el desarrollo de la pasantía a una aproximación integrada del modelo, que ofreciera un notable incremento en la productividad y además sirva como base para unos diseños mejor coordinados y para un proceso de construcción basado en el modelo.

Se logra alcanzar una gestión optima de cambios, Puesto que los datos se almacenan en un lugar central en un modelo (BIM) cualquier modificación del diseño se replicará automáticamente en cada vista, tales como planos de planta, secciones y alzados.

Esto no sólo ayuda a la creación de la documentación de forma más rápida sino que también proporciona la garantía de calidad rigurosa en la coordinación automática de los diferentes puntos de vista.

De igual forma el impacto que tuvo la pasantía en la compañía se logró con más fuerza en la unidad de Digital Grid, ya que como se mencionó, la empresa va en busca de la innovación y allí entra el uso y migración del software empleado. Por lo cual el progreso de la pasantía en la elaboración de equipos y script permite desarrollar y repotenciar el diseño de ingeniera secundaria a través de un software con más prestaciones reduciendo tiempos en la ejecución obteniendo así una ganancia entre costo y beneficio representado en tiempo.

10. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTÍA

El cumplimiento de los objetivos es 100%, valor respaldado por los entregables para la compañía,

El objetivo general se desarrolló en ambas unidades de negocios, logrando crear por una parte una base de datos conjunta en el servidor general para la ingeniería secundaria, por otra parte el trabajo que se desenvolvió con la implantación del modelo BIM en la ingeniería primaria arrojo resultados positivos con los modelos que se desarrollaron siendo así adaptativos a diferentes parámetros que se hacen necesarios a la hora de diseñar una subestación de eléctrica de alta tensión.

Paralelamente se logra tener una buena aceptación por parte de la empresa en el cumplimento de los objetivos específicos planteados en la pasantía, permitiendo la entrega de instructivos de procesos estructurados que permiten una mayor eficiencia en tiempo y estandarización del desarrollo de ingeniería. Además de la entrega de la información debidamente codificada para el uso dentro del ciclo de vida de los proyectos de diseño. Para terminar se cumple con la entrega de plantillas de los equipos realizados en el nuevo software de diseño los cuales hacen parte fundamental para el desarrollo y re-potenciación del software caracterizado por las ingenierías de base.

CONCLUSIONES

- Los objetivos propuestos y las actividades realizadas para llevarlos a cabo fue gracias al equipo de trabajo que aporto al desarrollo de las mismas, pues como resultado se optimizan diferentes procesos y al mismo tiempo se garantiza que los proyectos se entreguen en menor tiempo al cliente; Siendo beneficioso para la compañía como para todas aquellas personas que intervienen en el proceso. Es decir que la meta y el cumplimiento de los objetivos no solo es de empresa si no de todos y cada de los que fueron participes.

- El no contar con herramientas o manuales que permiten un mejor uso de los software dentro de la compañía, es un desafío para los nuevos integrantes quienes no están familiarizados con los diferentes programas de cómputo. De ahí lo relevante, porque en el desarrollo de la pasantía se realizó la implementación de procesos estructurados dejando un camino más claro para que los puedas utilizar y así obtener mejores resultados.

- La implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo de procesos dentro de la empresa, permite que las soluciones a los clientes sean en menos tiempo, eficientes y de calidad. Por eso, el mejoramiento y en este caso el uso de la metodología BIM para el desarrollo de proyectos marca un punto importante entre lo convencional y lo moderno en cuanto a construcción de infraestructuras e interacción de los diferentes profesionales involucrados.

- El proceso de digitalización está brindando un avance tecnológico enorme. En referencia al campo energético, la demanda de electricidad tiene un crecimiento exponencial y los retos que tiene la compañía es proporcionar soluciones en corto tiempo pero eficientes y esto lo logra con profesionales capaces de dar respuesta y soluciones a los desafíos que se presenten. De ahí, que la pasantía permite crear semilleros de profesionales para formarlos y empoderarlos para que sean idóneos al afrontar el mundo moderno.

- Haber realizado la pasantía en la compañía me ayudo a ver y expandir mis conocimientos en la manera en la que se diseña una subestación eléctrica de alta tensión; Cómo interactúan los diferentes equipos que la componen y así obtener modelos de equipos, diseños de tableros de control, protección, entre otros. De igual forma, durante la fase de ejecución de la pasantía represento abrir mis ideas, pensar y ver la ingeniería eléctrica desde otro contexto ayudándome a crecer profesionalmente. Asimismo, pude desarrollar y utilizar mis conocimientos adquiridos en la universidad, como mis habilidades y aptitudes para un correcto y óptimo trabajo.

11.1. RECOMENDACIONES

En primer lugar los ingenieros y demás participes en la unidad de negocios Transmition Solutions presten mayor atención y mayor disposición en la etapa de organización de la información de una forma adecuada para tener datos recientes, actualizados y debidamente establecidos, ya que durante la pasantía se pudo apreciar que muchos de los documentos tienen más de 10 años, lo cual no es un muy buen factor a la hora de hacer un buen diseño por parte de la unidad.

Por otra parte en la unidad de Digital Grid se recomienda a los ingenieros que están atacando el desarrollo e implementación del nuevo software de diseño el manejo correcto de la base de datos de equipo y de los propios proyectos ya hechos en el programa, ya que en algunos casos los ingenieros crean equipos y los dejan inmersos en los proyectos, los cuales no son guardados en la base de datos ya estipulada. Todo lo anterior recae en un reproceso por parte de la persona destinada para dicha labor, de igual forma los equipos se bloquean de cierta forma para que sus atributos y parámetros no puedan ser editados, pero en algunos casos llegan a ser deshabilitados y dejan dichos equipos con información errónea para ser utilizada en las ingenierías.

Para culminar, se recomienda seguir el proceso que se empezó con la creación de scripts en la herramienta de la EB-table, ya que esta es una herramienta muy poderosa y con prestaciones excelentes que ofrece coordinar los proyectos de una mejor manera, reduciendo tiempo y costo de materiales en algunos casos.

BIBLIOGRAFIA

[1] https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/
[2] C. F. Ramirez. “Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión”, HMV Ingenieros Ltda. Colombia, 2003.
[3] https://bim360.autodesk.com/
[4] Whitepaper Digital Twin Siemens
[5]http://www.aan.siemens.com/colombia/Pages/SiemensenColombia.aspx
[6] https://www.siemens.com/press/IM2017020334BTEN
[7]https://www.siemens.com/global/en/home/products/buildings/digitalization/bim.html
[8]https://www.siemens.com/global/en/home/products/buildings/contact/digital-twin.html
[9]https://www.siemens.com/global/en/home/products/buildings/digitalization/bims/591-180271-grafik-bim-benefits.jpg
[10] https://www.siemens.com/global/en/home/products/buildings/contact/bim-objects.html
[11] https://www.autodesk.com/products/inventor/new-features
[12] https://www.aucotec.com/en/products/elcad-aucoplan/about-elcad-aucoplan/
[13] https:// www.siemensglobal.com/04.03.01/CTIOSKCE06.pdf Pág 7 y 8 respect.
[14] https://www.autodesk.com/products/autocad/overview
[15] https://www.cadbim3d.com/2017/03/plan-de-implantacion-de-metodologia-bim.html
[16]https://www.autodesk.com/education/revit
[17] https://revistadigital.inesem.es/diseno-y-artes-graficas/familias-revit
[18]http://www.s6mernok.hu/sites/default/public_files/files/eb-technical-overview-eng.pdf
[19] http://iengaust.com.au/engineering-base/
[20]https://new.siemens.com/global/en/products/energy/high-voltage-Powertransmission.html
[21]https://www.siemens.com/content/dam/webassetpool/mam/tag-siemens-com/smdb/regions/russia/product-services/energy/power-engineering-guide/peg8-final-160812.pdf page 10
[22]https://www.redstackshop.com.au/levels-of-development-levels-of-detail-lod-explained
[23] https://www.srinsofttech.com/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html
[24] http://www.hildebrandt.cl/dimensiones-bim-proyectos-de-alta-complejidad/
[25] https://www.siemens.com/content/dam/webassetpool/mam/tag-siemens-com/smdb/regions/russia/product-services/energy/power-engineering-guide/peg8-final-160812.pdf page 438
[26] https://www.siemens.com/content/dam/webassetpool/mam/tag-siemens-com/smdb/regions/russia/product-services/energy/power-engineering-guide/peg8-final-160812.pdf page 460
[27] https://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/protection/digital-substation/pages/process-bus.aspx
[28] https:// www.siemensglobal.com/04.03.01/CTIOSKCE06.pdf Pág 2
[29] https:// www.siemensglobal.com/04.03.01/CTIOSKCE06.pdf Pág 5 y 6
[30] Tomado del software Revit, Diseño que se realizo
[31] 04.06.01 TR PTFx CS13 BRANDOM.pdf
[32] Tomado del software Revit, Diseño que se realizo

[33] Tomado del software Revit, Diseño que se realizo
[34] Table EngineeringBase/EB/tool.PDF Pág. 5)
[35] Manual del software EB-Table Pág. 5-7
[36] https://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/es/special-design/pages/default.aspx [37]
[37] https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2938604&library=eses&tab=1#Datosdesalida
[38] https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/es/lv/product-portfolio/pages/aparatos-de-proteccion-contra-sobretensiones.aspx
[39] https://www.phoenixcontact.com/online/portal/sg?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1033788&library=sgen&tab=1
[40] https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/3UG4582-1AW30
[41] https://support.industry.siemens.com/cs/document/54397927/manual-de-producto-rel%C3%A9s-de-monitoreo-3ug4-3rr2?dti=0&lc=es-WW
[41] https://support.industry.siemens.com/cs/document/54397927/manual-de-producto-rel%C3%A9s-de-monitoreo-3ug4-3rr2?dti=0&lc=es-WW a) y b)
[42]https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/54397927?c=45452241547&lc=es-WW
[43]https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/54397927?c=88121409419&lc=es-WW
[44]https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/54397927?c=24832142987&lc=es-WW
[45] https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2907874&library=eses&tab=1#Datosdeconexi%C3%B3n

ANEXOS

Cronograma desarrollado durante la práctica

ACTIVIDAD	AGST		SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Lectura de Directrices de la empresa, y presentación de Documentos																		
Capacitación Engineering Base																		
Capacitación Revit																		
Desarrollo de work sheets																		
Desarrollo de Scripts en Engineering Base (EB-Table)																		
Realizar mapeo de flujo de información																		
Hacer levantamiento de bases de datos de equipos y componentes electromecánicos																		

Capacitación específica en desarrollo de plantillas y equipos TS																		
Revisión de manuales de equipos																		
Determinar la interoperabilidad de los equipos																		
Clasificar los productos según su aplicación																		
Identificar requisitos y las especificaciones técnicas de los equipos																		
Creación de manuales de los sub procesos existentes																		
Levantar el plan de trabajo																		
Desarrollo de Plantillas de Típicos, Familias adaptativas, Símbolos y reportes, con sus manuales y guías asociados.																		
Desarrollar esquemáticos diagramas Z de equipos																		

Desarrollar diagramas de principios																		
Escritura de Documento																		
Realizar las funciones asignadas por el Director externo de la pasantía del área																		