



**Guía metodológica del modelo digital de energía
en redes de distribución**

Yulian Darío Zapata Vásquez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesores:

Walter Mauricio Acevedo-Docente Universitario
Cristian Javier Estrada Figueroa-Ingeniero residente

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería eléctrica
Medellín, Antioquia, Colombia
2022.

Cita	Zapata Vásquez [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] Y. D. Zapata Vásquez, “Guía metodológica del modelo digital de energía en redes de distribución”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Noe Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. OBJETIVOS.....	10
A. Objetivo general	10
B. Objetivos específicos.....	10
III. MARCO TEÓRICO.....	11
A. Distribución de energía eléctrica.....	11
B. Modelo Digital de Energía (MDE).....	11
C. G-NET Viewer	12
1. Funciones de G/Net Viewer:.....	12
D. Sistema eléctrico de potencia	13
E. Conceptos Teóricos.....	13
IV. METODOLOGÍA	18
A. Recopilación.....	18
B. Pasos del proceso.....	18
1. Análisis	18
2. Diseño	18
3. Estimación.....	19
4. Programación.....	21
5. Ejecución.....	21
6. Verificación.....	21
C. Base de datos	22
D. Reporte de información	22
1. Código de colores para realizar los dibujos.....	32

2. Reporte de retiros.....	32
3. Reporte de traslados.....	33
4. Reporte de elementos existentes.....	34
V. RESULTADOS Y ANALISIS	36
A. Ejemplos:.....	37
VI. CONCLUSIONES	41
VII. REFERENCIAS	42

LISTA DE TABLAS

TABLA I. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE REDES [2].	15
TABLA II. TIPOS DE PROYECTOS PARA EPM [2].	16
TABLA III. INFORMACIÓN DE LOS ESTÁNDARES ESTABLECIDOS POR EPM [6].	23

LISTA DE FIGURAS

Fig.1. Modelo digital de energía.	12
Fig.2. Diseño a mano alzada	19
Fig.3. Diseño de estimación	20
Fig.4 Estimación en MAXIMO.....	20
Fig.5. Plano final.	22
Fig.6. Código de colores.	32
Fig.7. Reporte de retiros.....	33
Fig.8. Reporte de traslados.	33
Fig.9. Reporte de elementos existentes.	34
Fig.10. Plano con criterios principales.....	35
Fig.11. Puntos de GPS.....	36
Fig.12. Asignación de estaciones y subestaciones en plano con normas y elementos en una red secundaria en estimación.....	38
Fig.13. Plano final en una red secundaria ya actualizada.....	39
Fig.14. Plano final de una expansión de red primaria.	40
Fig.15. Plano actualizado por la UGI de una expansión de red primaria.....	40

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

UdeA: Universidad de Antioquia

OT: Orden de trabajo.

AOM: valor de los gastos de administración, operación y mantenimiento correspondientes a la actividad de distribución de energía eléctrica en los STR y SDL [6].

JDE: Sistema integrado para la gestión de procesos [6].

MAR: Manejo Avanzado de la Red. Herramienta de gestión de eventos y cuadrillas [6].

MAXIMO: Herramienta para la gestión de activos [6].

CREG: Comisión de regulación de energía y gas [6].

UGI: Unidad de gestión de información [6].

PECOR: Plan de Expansión de Cobertura de los Operadores de Red [6].

SIN: Sistema Interconectado Nacional [6].

CLD: Centro Local de Distribución

RESUMEN

En este informe se presentan algunas actividades de la empresa Ingeomega S.A.S y una guía metodológica del Modelo Digital de Energía (MDE) basado en los diferentes proyectos y guías ejecutados por la empresa.

Se describe todo el proceso que tiene la empresa para ejecutar los proyectos de redes eléctricas de distribución, tales como construcción, expansión y reposición, todos los pasos a seguir en las consideraciones de diseño, criterios de estimaciones. Finalmente, como se debe entregar los informes detallados de todo el proceso a un interventor, en este caso EPM.

Se detalla este informe con información suministrada por EPM y ejemplos de la forma correcta de actualizar el Modelo Digital de Energía MDE de los proyectos realizados en lugares de trabajo ya sean rurales o urbanos en el área metropolitana del Valle de Aburrá, con sus debidas normas, reglas, símbolos, colores y especificaciones que conllevaba cada trabajo.

Palabras clave —Distribución, EPM, MDE, redes eléctricas, proyectos, normas, guía.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa Ingeomega S.A.S cuenta con servicios de construcción, expansión y reposición en redes de distribución, los cuales deben llevar una normatividad y criterios para el desarrollo y ejecución de estos, todo supervisado por EPM.

Los lineamientos o pasos de todo el proceso se dividen en el análisis, el diseño, estimación, programación, ejecución, verificación y el cierre.

El sistema eléctrico de potencia tiene como finalidad la producción de energía eléctrica en los centros de generación (centrales térmicas e hidráulicas) y transportarla hasta los centros de consumo (ciudades, poblados, centros industriales, turísticos, etc.). Para ello, es necesario disponer de la capacidad de generación suficiente y entregarla con eficiencia y de una manera segura al consumidor final. El logro de este objetivo requiere la realización de grandes inversiones de capital, de complicados estudios y diseños, de la aplicación de normas nacionales e internacionales muy concretas, de un riguroso planeamiento, del empleo de una amplia variedad de conceptos de Ingeniería Eléctrica y de tecnología de punta, de la investigación sobre materiales más económicos y eficientes, de un buen procedimiento de construcción e interventoría y por último de la operación adecuada con mantenimiento riguroso que garantice el suministro del servicio de energía con muy buena calidad [1].

Pero el sistema de distribución no ha recibido el mismo tratamiento en el pasado, sólo en las últimas décadas, el sector eléctrico colombiano ha comprendido que esta parte del sistema de potencia, también merece toda la atención a lo largo del proceso, desde el planeamiento hasta la operación ya que es aquí donde la calidad del servicio se deteriora, donde se presenta el mayor nivel de pérdidas técnicas y donde el sistema se hace vulnerable y queda expuesto a robos, fraudes y otras pérdidas no técnicas. Es por esto, que la adecuación al Modelo Digital de Energía (MDE) a las nuevas exigencias del regulador y el ingreso oportuno de la información cobra mucha relevancia, ya que con base a lo que se reporte por cada una de las unidades del negocio de Transmisión y Distribución Energía que intervienen las redes, se va a poder tener la información georeferenciada, con calidad, oportunidad, necesaria y suficiente para cumplir con el reporte al seguimiento del plan de inversiones presentado y los diferentes informes solicitados por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG [1].

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Realizar una guía metodológica del modelo digital de energía para trabajos de construcción, expansión y reposición en redes de distribución, describiendo el procedimiento para el ingreso de la información gráfica y alfanumérica de los atributos de los elementos de red, con el fin de estandarizar la actualización del Modelo Digital de Energía.

B. Objetivos específicos

- Recopilar información acerca de la normatividad vigente y criterios para el desarrollo del diseño en redes de distribución.
- Identificar todo el proceso llevado a cabo para actualizar y ejecutar una construcción, expansión y o reposición en redes de distribución.
- Definir tipos de proyectos de EPM, servicios y cantidad de materiales que tendrá cada proyecto, para dar una estimación o costos adecuados dependiendo del modelo digital de energía a realizar.
- Realizar ejemplos con toda la información recopilada mediante Ctrix-Gnet plataformas donde se actualiza la red en EPM.

III. MARCO TEÓRICO

A. Distribución de energía eléctrica

La actividad de distribución consiste en transportar la energía eléctrica por los Sistemas de Trasmisión Regional -STR- y los Sistemas de Distribución Local -SDL-. Los SDL están conformados por el conjunto de redes, postes, transformadores, etc., que son utilizados para entregar la energía eléctrica en el domicilio de los usuarios finales. La mayoría de SDL se conectan entre sí a través de los STR, los cuales interconectan diferentes regiones del país. Estos STR a su vez se conectan a otra red de mayor capacidad, llamada el Sistema de Trasmisión Nacional -STN- que interconecta a su vez los grandes centros de generación de la electricidad [8].

La distribución de energía eléctrica es una actividad cuyas técnicas están en un proceso constante de evolución reflejada en el tipo de equipos y herramientas utilizadas, en los tipos de estructuras, en los materiales con los que se construyen las redes de distribución y en los métodos de trabajo de las cuadrillas de construcción y mantenimiento, reflejada también en la metodología de diseño y operación empleando computadores (programas de gerencia de redes, software gráfico, etc) [1].

B. Modelo Digital de Energía (MDE)

Representa todos los elementos de energía ya sean, postes, cables, transformadores, puestas a tierra, portabornera, reconectores, cuchillas y muchos más, ubicados en un modelo digital conformado de calles, direcciones y estructuras como casas, edificios, canchas, entre otras como se aprecia en la fig.1 [5].



Fig.1. Modelo digital de energía.

C. G-NET Viewer

El Modelo Digital de Energía que se va a implementar es el G/NET Viewer que es la herramienta de consulta de la información de la base de datos para los diferentes modelos digitales, permite acceder a la información en tiempo real, es decir en línea con la base de datos del ambiente de producción (operación) [5].

1. Funciones de G/Net Viewer:

- Mostrar una vista geográfica del conjunto de datos del modelo de la red (ver fig.1).
- Controlar los datos que se muestran en pantalla a partir de las leyendas.
- Ajustar la vista en pantalla a través de diferentes opciones de zoom y de paneo.
- Presentar vistas de detalle.
- Observar un Job o Trabajo específico.
- Observar todos los atributos asociados con un elemento que se seleccione en pantalla.
- Buscar elementos o valores específicos de atributos usando consultas predefinidas.
- Revisar las relaciones entre elementos.
- Generar reportes.
- Medir distancias y áreas.
- Usar herramientas de análisis como los seguimientos o Traces.

D. Sistema eléctrico de potencia

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos [1].

Aproximadamente, las dos terceras partes de la inversión total del sistema de potencia están dedicados a la parte de distribución (gigante invisible), lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño, construcción y en la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja, pero de gran trascendencia, en esta parte es donde se producen los porcentajes más grandes de pérdidas de energía en todas sus manifestaciones debido al gran volumen de elementos que lo conforman y a los bajos niveles de tensión que se manejan [1].

E. Conceptos Teóricos

A continuación, se describen los conceptos teóricos principales que se utilizaron durante la práctica y la realización del proyecto:

Activos en operación: son aquellos activos eléctricos que forman parte de un sistema utilizado de forma permanente en la actividad de distribución de energía eléctrica, incluyendo aquellos que están normalmente abiertos. Se entiende por sistemas normalmente abiertos aquellos que se encuentran disponibles para entrar en servicio en forma inmediata cuando se requieran [6].

Activos de uso de STR (Sistema de Transmisión Regional) y del SDL (Sistema de Distribución Local): son aquellos activos de transporte de electricidad que operan a tensiones inferiores a 220 kV que son utilizados por más de un usuario y son remunerados mediante cargos por uso de STR o SDL [6].

Niveles de tensión: Los STR y SDL se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición:

Nivel 4: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 57,5 kV y menor a 220 kV.

Nivel 3: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 30 kV y menor de 57,5 kV.

Nivel 2: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 1 kV y menor de 30 kV.

Nivel 1: sistemas con tensión nominal menor a 1 kV

Sistema de Distribución Local, SDL: sistema de transporte de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan en los niveles de tensión 3, 2 y 1 y son utilizados para la prestación del servicio en un mercado de comercialización [6].

Sistema de Transmisión Regional, STR: sistema de transporte de energía eléctrica compuesto por los activos de conexión del OR o el TR al STN y el conjunto de líneas, equipos y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan en el nivel de tensión 4. Los STR pueden estar conformados por los activos de uno o más operadores de red (OR) o transmisores regionales (TR) [6].

Trabajos de expansión o reposición en la red: son las actividades necesarias para la entrada en operación comercial de un generador, de los activos que componen los proyectos de expansión y demás que hagan parte del plan de inversiones que la Comisión de Regulación de Energía y Gas-CREG le haya aprobado al OR o de las expansiones del STR que se ejecuten a través de los procesos de selección que realiza la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME [6].

Transmisor regional, TR: persona jurídica que opera y transporta energía eléctrica en un STR o que ha constituido una empresa cuyo objeto es el desarrollo de dichas actividades. En el ejercicio de su actividad, es responsable por la calidad del sistema que opera, así como las demás normas asociadas con la distribución de energía eléctrica en un STR [6].

Unidad constructiva, UC: conjunto de elementos que conforman una unidad típica de un sistema eléctrico, destinada a la conexión de otros elementos de una red, al transporte o a la transformación de la energía eléctrica o a la supervisión o al control de la operación de activos de los STR o SDL [6].

A continuación en la TABLA I, se menciona la estructura de la nomenclatura de las guías de algunas normas que se utilizan en la construcción de redes de distribución (ver tablas 1 y 2), estas guías proporcionadas por EPM deben seguirse a la hora de reportar la información ya que es la metodología o clasificación de conceptos por la cual se basan los contratistas, interventores y la UGI para tener referencia o asignación de datos.

Las normas a continuación deben reportarse dentro de la estación principal, ya que son las normas de vestidas de los postes, no necesitan sub-estación al reportarlas. RA significa redes aéreas y RS significa redes subterráneas.

TABLA I.
NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE REDES [2].

Redes Aéreas	
RAX-XXX	<p>El primer número después de la “A” indica el nivel de tensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Redes de 44kV 2-Redes de 13.2 kV 3-Redes de 7.62 kV 4-Redes secundarias
RAX-XXX	<p>El segundo número después de la letra “A” hace referencia al tipo de montaje, siendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0-Redes desnudas monofásicas o trifásicas 2-Redes en cables aislados 3-Redes con cable semi-aislado (cubierto) 6-Redes desnudas bifásicas con bayoneta 7-Redes desnudas bifásicas sin bayoneta
RAX-XXX	<p>El último número indica el tipo de adecuación de la red:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Suspensión 2-Ángulo 3-Terminal 4-Referencia
RAX-XXX	<p>El penúltimo número te indica el tipo de disposición de la cruceta</p> <ul style="list-style-type: none"> 0-Cruceta al centro 1500 mm 1-Cruceta al centro 1500 mm disposición en V neutro superior 2-Cruceta Volada de 2400 mm 3- Cruceta al centro 2400 mm (zonas urbanas) Cruceta volada de 1500 mm neutro inferior Cruceta volada de 1200 y 2400 mm neutro inferior Cruceta al centro 2400 mm neutro superior 8- Estructura en H 9- Cruceta al centro 2400 mm (zonas rurales)
Otras Normas importantes	

RAX-026	Montaje de transformador. RA2: Trifásico; RA3: Monofásico
RA6-00X	Viento. Terminado en 1: Convencional; 2: Farol; 3: Con poste Auxiliar

A continuación en la TABLA II, se nombran los tipos de proyecto para EPM propuestos por la CREG, los cuales se deben especificar y reportar para los activos, cuando hay activos nuevos o activos que cambien en la red.

TABLA II.
TIPOS DE PROYECTOS PARA EPM [2].

TIPO ACTIV IDAD	FINALIDAD	OBSERVACION ES
T1	Reemplazo de activos con aumento de capacidad (reposición)	Para elementos nuevos
T2	Instalación de activos nuevos para atención de nuevos clientes sin electrificación rural(expansión)	Para elementos nuevos
T3	Reemplazo de activos sin aumento de capacidad (reposición)	Para elementos nuevos
T4	Instalación de activos nuevos: pérdidas, calidad del servicio y nuevas tecnologías (expansión)	Para elementos nuevos
T5	Electrificación rural, PECOR, gestión de activos	Para elementos nuevos
T6	Actualización redes existentes de conexión	Para elementos nuevos
T7	Activos de conexión	Para elementos nuevos
T8	Actualización redes existentes de uso	Para elementos nuevos
T9	Modificación de activos en operación	Para elementos nuevos

T10	Mejora de activos en operación (overhaul)	Para	elementos nuevos
T11	Redes temporales	Para	elementos nuevos
T12	Alumbrado público proyectos	Para	elementos nuevos
T14	Activos exclusivos para cable operadores y/o telecomunicación	Para	elementos nuevos

EPM definió las convenciones para utilizar en el MDE, las cuales contienen postes, tierras, vientos, cables, transformadores, seccionadores, aisladero, etc. Estos están referenciados en la norma RS0-001 [7].

IV. METODOLOGÍA

A. Recopilación

- Se recopiló la información que consistía en la búsqueda y estudio de la información relacionada y necesaria para cumplir con los estándares establecidos por EPM.

Esta información se maneja desde el pliego de licitación que tienen en convenio la empresa Ingeomega y EPM donde se explica y se pacta todo lo que debe cumplir tanto el contratista como el contratante, el cómo se debe reportar la información, qué se debe y qué no se debe hacer con sus respectivas penalidades; los formatos y programas como canal de comunicación en que se debe reportar todos los elementos, normas e información de manera adecuada, en estos están los códigos respectivos de cada elemento, también calibres, especificaciones de materiales, normas CREG, precios y cantidades.

B. Pasos del proceso

- Se determinaron los pasos de todo el proceso, tanto de análisis, diseño, estimación, programación, ejecución y verificación.

La empresa Ingeomega S.A.S lleva un proceso o pasos a seguir para atender y ejecutar una solicitud o proyecto asignado por EPM o particular, este proceso se divide en el análisis, el diseño, estimación, programación, ejecución, verificación y el cierre.

1. Análisis

Consiste en recibir las solicitudes enviadas desde EPM con sus archivos correspondientes, analizar qué tipo de trabajo es; en este empieza todo el proceso y entra a una base de datos de la empresa al cual se le asigna una OT (orden de trabajo), con la cual se diferencia y referencia cada trabajo.

2. Diseño

Consiste en ir al terreno donde se debe ejecutar el proyecto, hacer un análisis acerca de los que se va a realizar, cambios, colocación, retiros y traslados de activos y otros elementos como lo son postes, vanos secundarios o primarios, puestas a tierra, caja portabornera, adecuación de los postes, entre otras cosas y hacer un plano a mano alzada con normas a utilizar en el proyecto. También, se encargan de tener en cuenta las maniobras a utilizar, si deben tener acompañamiento de L.V. (línea

viva) para el trabajo, si hay posibilidad de trabajar en los postes existentes, que no estén podridos en caso de un poste de madera, o que no tengan nidos de abejas; se geo-referencian los puntos o postes en los cuales se va a trabajar o donde se van a proyectar las cosas nuevas para dar una guía del trabajo a realizar; también se toman en cuenta otras variables para la ejecución, donde se describe cómo debe llegar la cuadrilla, de qué forma ejecutar, en qué puntos estar, si entra cualquier grúa o canasta de L.V. al lugar o por contrario deben llevar una de menor o mayor tamaño, cuanto personal necesita la ejecución y un aproximado de cuantas horas necesitan para llevar a cabo el proyecto, si suspende o no usuarios o si se puede pensar en caliente.

En la fig.2 se muestra un diseño a mano alzada realizado por un diseñador de la empresa Ingeomega el cual era un trabajo a realizar en el área metropolitana.

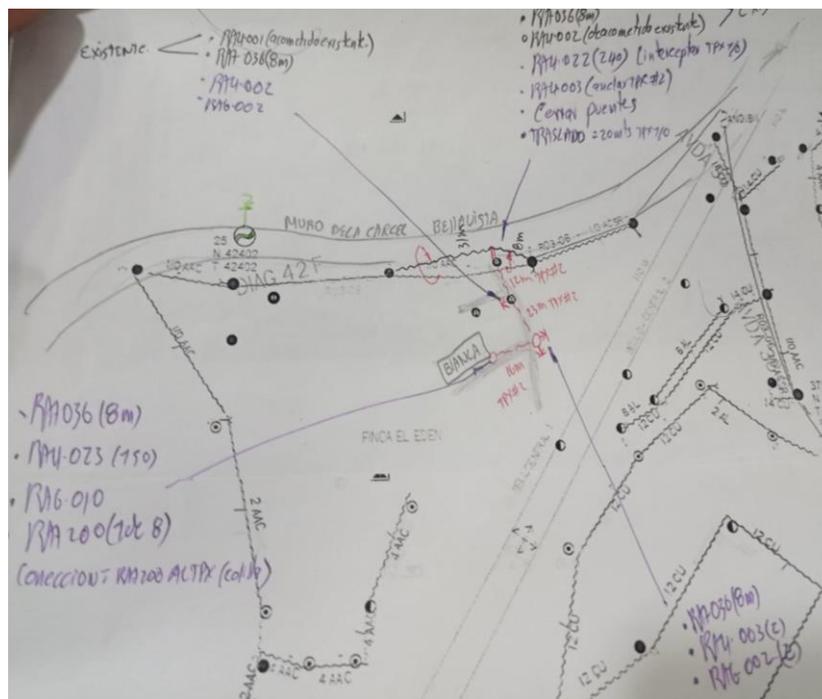


Fig.2. Diseño a mano alzada

3. Estimación

Es un aproximado del costo del proyecto a realizar. Lo primero es identificar y entender el trabajo a realizar, luego se monta el plano a mano alzada que hicieron los diseñadores en la aplicación de EPM llamada Gnet viewer la cual queda de base para la UGI en actualización del MDE y llevar un control de redes de distribución en toda la zona del área metropolitana. Luego en la aplicación de control llamada MAXIMO se ingresan todas las estaciones y sub-estaciones (estas son referencias para los activos a instalar, trasladar y retirar) a utilizar en el proyecto, todo con sus materiales y

servicios que se van a cobrar. Hay algunos parámetros que exige EPM para dar esta información, las cuales son archivos del plano en extensiones .xml y .pdf, fotos de antes y después de la ejecución, GPS, trabajo programado, todos estos se anexan en MAXIMO, luego la aplicación hace el cálculo de costo de materiales, servicios y entrega un valor aproximado. En la fig.3 se hace referencia al diseño en el MDE de la estimación con el costo aproximado de los servicios prestados por Ingeomega S.A.S, y en la fig.4 se hace referencia al programa MAXIMO donde se hace la estimación con los ítems, códigos, descripciones y cantidades que debe llevar esta con estaciones y subestaciones tales y como se presentan en el plano.

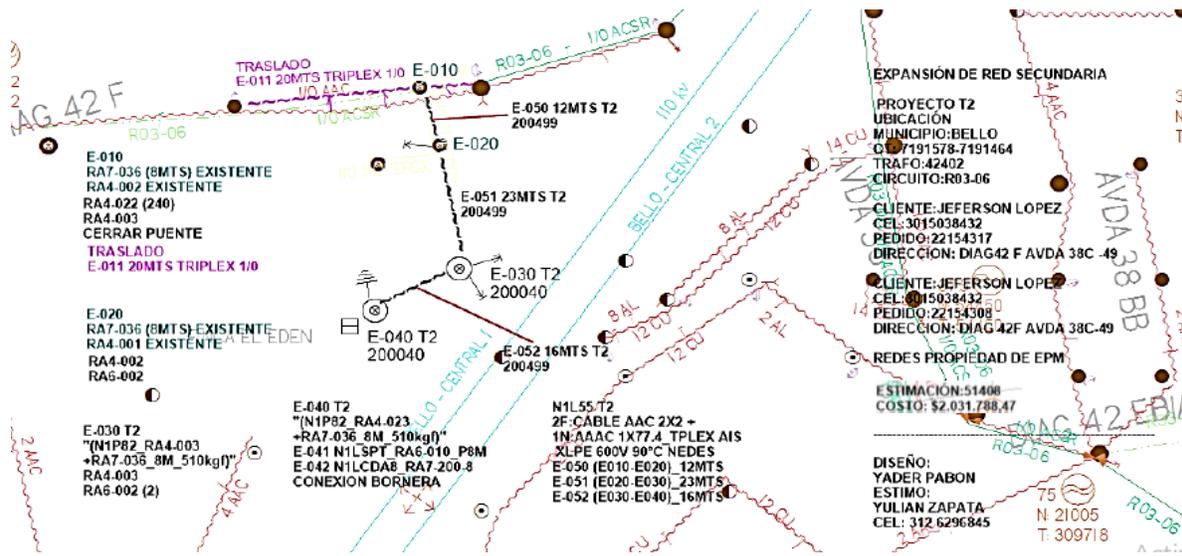


Fig.3. Diseño de estimación.

Seguimiento de órdenes de trabajo (Redes) / Estimación de UC (T&D)

Consulta	Buscar Solicitud de estima	Seleccionar acción	Ejecutar estimación	Ejecutar la aceptación		
>	010	0	285501	SERVICIO DE DISEÑO Y GEORREFERENCIACION DE REDES ELECTRICAS EN BAJA TENSION EN ZONAS URBANAS. (POR 1 TRANSFORMADOR INTERVENIDO)	1,00	EPM
>	010	0	RA4-003	TERMINAL SECUNDARIA	1,00	EPM
>	010	0	RA4-022	ÁNGULO CRUCETA VOLADA DE 1000M	1,00	EPM
>	011	0	203007	TRASLADO DE LINEA SECUNDARIA AEREA EN TRENZA	20,00	EPM
>	020	0	RA4-002	ÁNGULO SECUNDARIA	1,00	EPM
>	020	0	RA6-002_FRS	INSTALACIÓN DE VIENTO FAROL RED SECUNDARIA	1,00	EPM
>	030	0	200151	AISLADOR CAR POR 1KV_3" ANSI C29.3 53-3	3,00	EPM
>	030	0	211274	CRUCETA METALICA 1500MM 3" X 3" X 1/4"	2,00	EPM
>	030	0	211290	PIEAMIGO MET P/CRUCETA 1500 mm_ACIERO GALVANIZ_1361mm RA7-013	2,00	EPM
>	030	0	211319	PERCHA DE 1 PUESTO 100 mm_ACIERO GALVANIZADO, RA7-019	3,00	EPM
>	030	0	211330	COLLARIN 120MM 5" DOS SALIDAS	2,00	EPM
>	030	0	211332	ANILLO O COLLARIN 160MM_ACIERO GALVANIZADO - RA7-014	2,00	EPM
>	030	0	211333	COLLARIN 180MM 7" DOS SALIDAS	2,00	EPM
>	030	0	211390	ESPARRAGO 5/8" X 8"	8,00	EPM
>	030	0	211391	ESPARRAGO 5/8" X 10"	8,00	EPM
>	030	0	211392	ESPARRAGO 5/8" X 12" GALVANIZADO CON TUERCA Y ARANDELA	8,00	EPM
>	030	0	211393	ESPARRAGO 5/8" X 14"	8,00	EPM
>	030	0	211438	TORNILLO DE MAQUINA CABEZA HEXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8" X 1,1/2"	10,00	EPM
>	030	0	212846	CONECTOR COMPRESION TIPO H ALUMINIO 1/0AWG A 1/0AWG	6,00	EPM

Fig.4 Estimación en MAXIMO.

4. Programación

Consiste en definirle a la sala de control de EPM que circuito se va a intervenir, que transformador, que tramo y aproximado de usuarios saldrán de servicio mientras se realiza el proyecto, el tiempo a emplear y que este desenergizado el circuito y si se va a trabajar en caliente o en frío.

5. Ejecución

Para esta hay siete cuadrillas para trabajos pequeños, cada una con dos oficiales, dos ayudantes y un encargado, dos cuadrillas para trabajos grandes. Una cuadrilla de trabajos subterráneas, una cuadrilla de avance que se encarga de adelantar la excavación de huecos para hincar los postes o vientos. El encargado asume la responsabilidad del proyecto, debe conocer el proyecto a realizar para saber que material llevar, como distribuir a los oficiales, ayudantes y hacer el trabajo de forma óptima y eficiente. También, se encarga en ocasiones de planillar y llevar control de todo lo que se hace en el proyecto, antes y después de ejecutar el proyecto se debe llamar al CLD (Centro Local de Distribución) para consignarse en el circuito que se está trabajando para llevar un control y si sucede algo saber de dónde es la falla. Se tiene de referencia el plano a mano alzada de los diseñadores y el plano en el MDE que hacen los estimadores, ya el encargado hace los cambios respectivos, ya que en terreno no siempre se puede hacer todo lo planteado en el papel, se hace el trabajo y luego reintegran los materiales que no se usaron y se da la información a un ingeniero de lo que se hizo y que no se hizo.

6. Verificación

Se actualiza el plano del MDE con los cambios pertinentes del trabajo realizado y se sube a la plataforma MAXIMO, se actualizan materiales o servicios en MAXIMO que se hayan utilizados. Se hace un control interno en la empresa de inventario para saber que material se usa y cuanto queda para pedir a EPM si hace falta material, esta también se actualiza. En la fig.5. se observa el plano final entregado a EPM para la actualización del MDE.

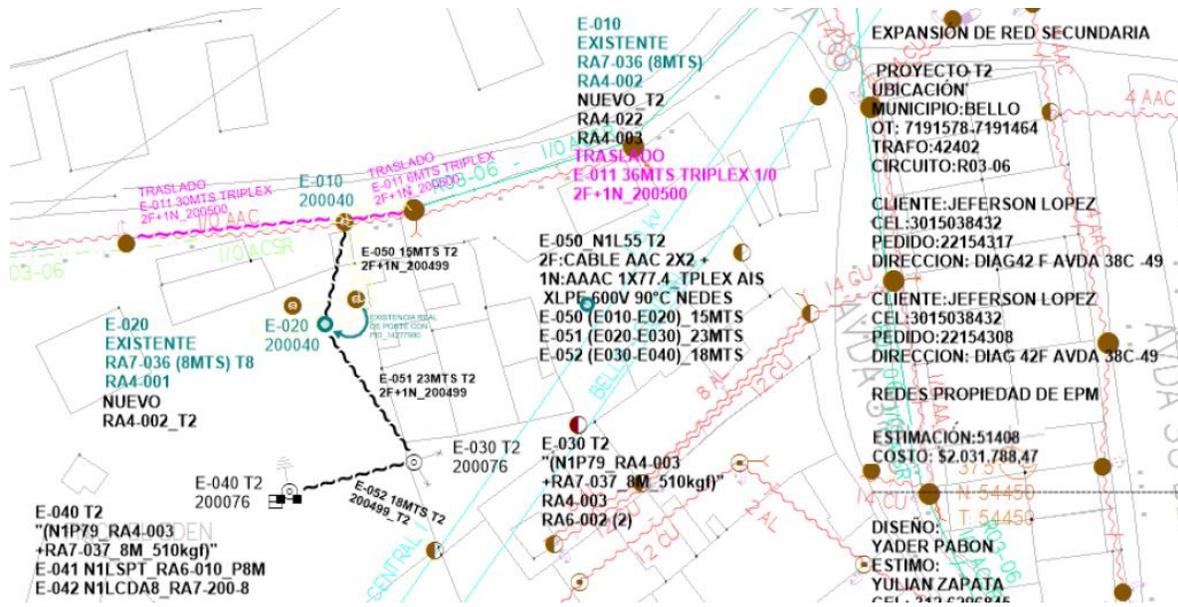


Fig.5. Plano final.

C. Base de datos

- Se realizó la recopilación de bases de datos y archivos referentes a los costos de cada proceso, actividad y material que se necesite en cada proyecto para realizar la estimación.

Con esta información se busca llevar un control y reportar de la mejor manera a EPM el trabajo realizado, tanto el material, como el tiempo empleado, el personal y así poder cobrar y que se pague por la labor realizada. Los precios de materiales y servicios se necesitan para hacer la estimación del trabajo que es uno de los entregables necesarios para EPM, donde se diseña lo que se va hacer y se predice que puede llegar a costar el trabajo respecto a los materiales y servicios. La estimación se hace en el aplicativo llamado MAXIMO, donde es el puente entre interventores, UGI e Ingeomega para reportar la información, en MAXIMO se adjuntan los planos, fotos de la obra, GPS del diseño, información del clientes y demás parámetros que exija EPM en el pliego.

D. Reporte de información

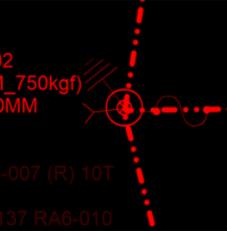
- Se estableció la metodología para reportar la información a la UGI y EPM.

EPM exige una forma de reportar la información para llevar un orden, control y estructura de sus lineamientos y así diferenciar los temas, ítems, activos y normas, en la TABLA III se presentan los lineamientos establecidos por EPM.

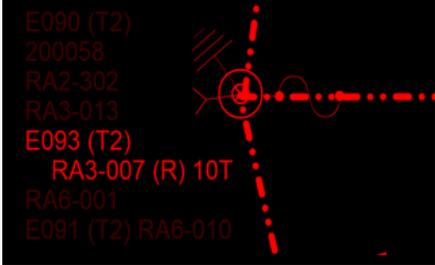
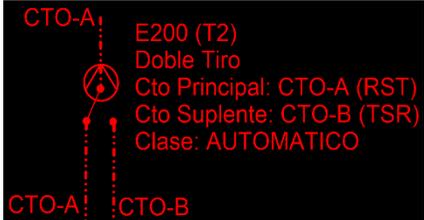
TABLA III.
INFORMACIÓN DE LOS ESTÁNDARES ESTABLECIDOS POR EPM [6].

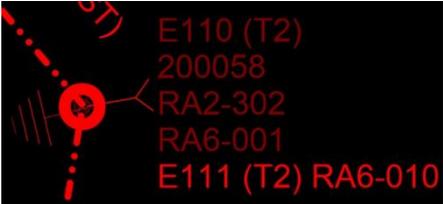
ELEMENTO	INFORMACIÓN SUMINISTRAR POR EL USUARIO	A	EJEMPLO
Conductor Primario Niveles de tensión II, III	Código de Material (JDE)	ESTACIÓN	- (TIPO DE PROYECTO)
	Código de Material Neutro (JDE)	LONGITUD	
	Fases	CÓDIGO MATERIAL FASE	- (FASE)
	Longitud por tramos m	CÓDIGO MATERIAL NEUTRO	
	Número de Conductores por fase		
Número de Conductores por Neutro			<div style="background-color: black; color: red; padding: 5px; border: 1px solid red;"> E104 (T2) 65 m F 200461 (R) N 200472 </div>
Conductor Secundario Nivel de tensión I	Código de Material (Para instalación y Retiro)	Conductor Secundario: - ESTACIÓN	- (TIPO DE PROYECTO)
	Código de Material Neutro (Para instalación y Retiro)	- LONGITUD	
		- CÓDIGO MATERIAL FASE	- (FASE)
		-CÓDIGO MATERIAL NEUTRO	
	Nodo del Transformador		<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; border: 1px solid white;"> E100 (T2) 50 m F200370 N200369 </div>
			Conductor Secundario multiplex:

Longitud por tramos m	<ul style="list-style-type: none"> - ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - LONGITUD – (DPX, TPX o CPX)
Número de Conductores por fase	<ul style="list-style-type: none"> - CÓDIGO MATERIAL FASE - (FASE) <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; border: 1px dashed black;"> <p>E104 (T2) 50 m TPX F216432</p> </div>
Número de Conductores por Neutro	<p>Cantidad de conductores: Aplica para conductores Monopolares</p> <ul style="list-style-type: none"> - ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - LONGITUD - NRO COND FASE - CÓDIGO MATERIAL FASE - NRO DE POR NEUTRO- CÓDIGO MATERIAL NEUTRO <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; border: 1px dashed black;"> <p>E200 (T2) 17 m 3 F200370 3 N200369</p> </div>
	<p>Para la carga trifásica del ejemplo, la red secundaria es 9No 2/0 AWG Fase + 3 No1/0 AWG Neutro.</p>
	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; border: 1px dashed black;"> <p>E220 (T2) 17 m 2 F200370 2 N200369</p> </div>
	<p>Para la carga monofásica, la red secundaria es 2No 2/0 AWG Fase + 2 No1/0 AWG Neutro.</p>

<p>Postes</p>	<p>Código de Material (Para instalación y Retiro)</p>	<p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - CÓDIGO MATERIAL (<i>clase forma</i>)</p>
	<p>Normas técnicas de energía (Para instalación y Retiro)</p>	<p>- NORMAS - NORMAS (Circuito)</p> <div data-bbox="954 520 1328 730" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>E090 (T2) 200058 RA2-302 RA3-013 E093 (T2) RA3-007 (R) 10T RA6-001 E091 (T2) RA6-010</p>  </div> <div data-bbox="954 804 1328 1035" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>E090 (T2) 200058 (N2L73 RA2-302 +RA7-036 12M 750kgf) CRUCETA 2400MM RA3-013 E093 (T2) N2EQ9_RA3-007 (R) 10T RA6-001 E091 (T2) N2L137 RA6-010</p>  </div>
<p>Transformadores</p>	<p>Número del transformador</p> <hr/> <p>Fases</p> <hr/> <p>Nombre del Centro de Acopio para los Retiros</p>	<p>- ESTACIÓN, (TIPO DE PROYECTO) - CÓDIGO EQUIPO, (FASES)</p> <p>Para retiro: NOMBRE DEL ACOPIO</p> <div data-bbox="954 1493 1356 1623" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;">  <p>E182 (T2) T 1234556 (RST)</p> </div>
<p>-Reconectador -Regulador</p>	<p>Código del Equipo</p>	

<p>-Bobina -Suiche - Suiche Subterráneo - Sensor de Tensión (Primario)</p>	<p>Fases</p> <hr/> <p>Nombre del Centro de Acopio para los Retiros</p>	<p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - CÓDIGO - (FASES)</p>
		 <p>E110 (T2) 200058 RA2-304 E111 (T2) R369 (TSR) E112 RA2-010 (TSR) ENTRADA E113 RA2-010 (TSR) SALIDA E114 RA2-007 (TSR) 25T BY PASS E115 RA2-006 ENTRADA E116 RA2-006 SALIDA E117 RA3-026 96301 (T) RA6-001 E118 RA6-010</p>
<p>Cuchilla</p>	<p>Norma</p> <hr/> <p>Fases</p>	<p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)</p> <p>- NORMA (FASES)</p>
		 <p>E170 (T2) 200015 RA2-303-1 E171 (T2) RA2-010 (RST) E172 (T2) RA6-010</p>
<p>Seccionalizador</p>	<p>Fases</p>	<p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)</p> <p>- (FASES)</p>
		 <p>E170 (T2) 200015 RA2-303-1=2 E171 Seccionalizador (RST) E172 (T2) RA6-010 RA6-001</p>
<p>Aisladero</p>	<p>Tipo de Aisladero- Normal</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> - De Repetición - Trip Saber - Fault Tamer 	<ul style="list-style-type: none"> - ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - NORMA (FASES)
	Fases	(CAPACIDAD)
	Capacidad del Fusible	- TIPO DE AISLADERO
	Tipo de Fusible	
	<ul style="list-style-type: none"> - E - H - K - P - T - VS 	
Doble Tiro	Circuito Principal	- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)
	Circuito Suplente	- Doble Tiro
	Clase de Doble Tiro	- Circuito Principal (FASES)
		- Circuito Suplente (FASES)
		- CLASE
		
Regleta	Fases	- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)
	Numero de Vías	- Regleta
	Uso	- FASES
	<ul style="list-style-type: none"> - Normal - Transferencia 	- NRO DE VÍAS
		- USO

		
Pararrayos	Norma	<p>ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) – NORMA</p> 
Puesta a Tierra	Norma	<p>ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) – NORMA</p> 
Sensor de Tensión Secundario (Indicador de falla)	Ubicación STS	<p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)</p> <p>- ST Secundario</p> 

<p>Cámara</p> <p>-De</p> <p>-De</p> <p>-De</p> <p>-De</p> <p>-De</p> <p>-Para</p> <p>- Para transformador</p> <hr/> <p>Estructura</p> <p>-Con otras</p> <p>-Con</p> <p>- semáforos</p> <hr/> <p>Dimensiones</p>	<p>Clase de Cámara</p> <p>cangrejos</p> <p>distribución</p> <p>empalme</p> <p>paso</p> <p>regletas</p> <p>suiches</p> <p>Compartida</p> <p>entidades</p> <p>teléfonos</p>	<p>Cámaras:</p> <p>- ESTACION - (TIPO DE PROYECTO)</p> <p>- CLASE DE CAMARA</p> <p>- DIMENSIONES</p> <p>- NORMAS</p> <p>- ESTRUCTURA COMPARTIDA</p> <div data-bbox="954 625 1357 861" style="background-color: black; color: red; padding: 5px;">  <p>E300 (T1) Camara DE PASO 0.6x0.6x0.6 2 Ductos RS2-001</p> </div>
<p>Caja de Distribución</p>	<p>Normas</p>	<p>Cajas de distribución:</p> <p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)</p> <p>- NORMAS</p> <div data-bbox="954 1150 1364 1314" style="background-color: black; color: red; padding: 5px;">  <p>E200 (T1) RS1-003</p> </div>
<p>Canalización</p>	<p>Material</p> <p>- ASBESTO - CEMENTO</p> <p>-METALICA GALVANIZADA</p> <p>ESP.MT-IMC-RMC-EMT</p> <p>- PVC - DB</p> <p>- PVC - TDP</p> <p>- PAD - RDE17</p> <p>- CONCRETO</p>	<p>Canalizaciones y ductos:</p> <p>- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)</p> <p>- LONGITUD</p> <p>- MATERIAL</p> <p>- CANTIDAD - Ductos - DIAMETRO</p> <p>- TIPO DE CANAL</p>

		Tipo de canal	
		<ul style="list-style-type: none"> - ANDEN - VIA - ZONA VERDE - VIADUCTOS - PUENTE CABLE - BUITRON - ADOSADO LOSA 	
		Longitud	Convención de los ductos
Ductos		Diámetro del Ducto Pulgadas:	
		<ul style="list-style-type: none"> - 1/2" - 3/4" - 1" - 1 1/4" - 1 1/2" - 2" - 2 1/2" - 3" - 4" - 6" - 8" - 10" 	
		Ocupación del Ducto	
		<ul style="list-style-type: none"> - FUERA DE SERVICIO -LIBRE - OCUPADO 	
Ductos		Número de Circuito	
		Nivel de Tensión (Ver Tabla 1)	
		Uso estructura civil (Ver Tabla 1)	
Caja Avanzada	Derivación	Código del Equipo	- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)
		Tipo	- CÓDIGO
		- Avanzada	
		Número de salidas	- CÓDIGO -NÚMERO DE SALIDAS
		Nodo del Transformador	
		Nombre del Centro de Acopio para los Retiros	

Caja Convencional	Derivación	Tipo - Convencional	- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - NORMA - NUMERO DE SALIDAS
		Número de salidas	 <p>200039 (T8) RA4-003 (2) RA6-010 (T8) E20 (T2) RA7-200-8</p> <p> Convención MDE</p>
		Nodo del Transformador	
Caja Derivación Medida Centralizada	Derivación	Tipo - Medida Centralizada	- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO)
		Número de salidas (Medidores)	- NÚMERO DE MEDIDORES
		Nodo del Transformador	
Tablero		Tipo Tablero - Medida - TGA - TGB	- ESTACIÓN - (TIPO DE PROYECTO) - Tipo Tablero - Número de Salidas
		Número de Salidas	- Protección Principal (A)
		Protección Principal (A)	- Protección Salidas (A)
		Protección Salidas (A)	
		Nombre del Proyecto	
		Ubicación en el Edificio	- Nombre del Proyecto
		Nodo del Transformador	- Ubicación en el Edificio



1. Código de colores para realizar los dibujos

En la fig.6 se muestran los diferentes colores usados en G-net viewer para diferenciar los elementos y diferentes niveles de tensión que se intervendrán.



Fig.6. Código de colores.

Nota: el color blanco indicado en la fig.6 depende del fondo que tengas en la aplicación de G-net viewer; si el fondo es negro, este color se podrá visualizar, pero si el fondo es blanco el color se observará negro.

2. Reporte de retiros

La información a reportar en los retiros de activos empieza por su debida subestación, normas técnicas de los elementos a retirar con su cantidad, los códigos de los materiales, en conductores reportar la longitud y códigos de neutro y fases, además se les debe colocar una X con su debido color de retiro al elemento a retirar como se muestra en la fig.7.

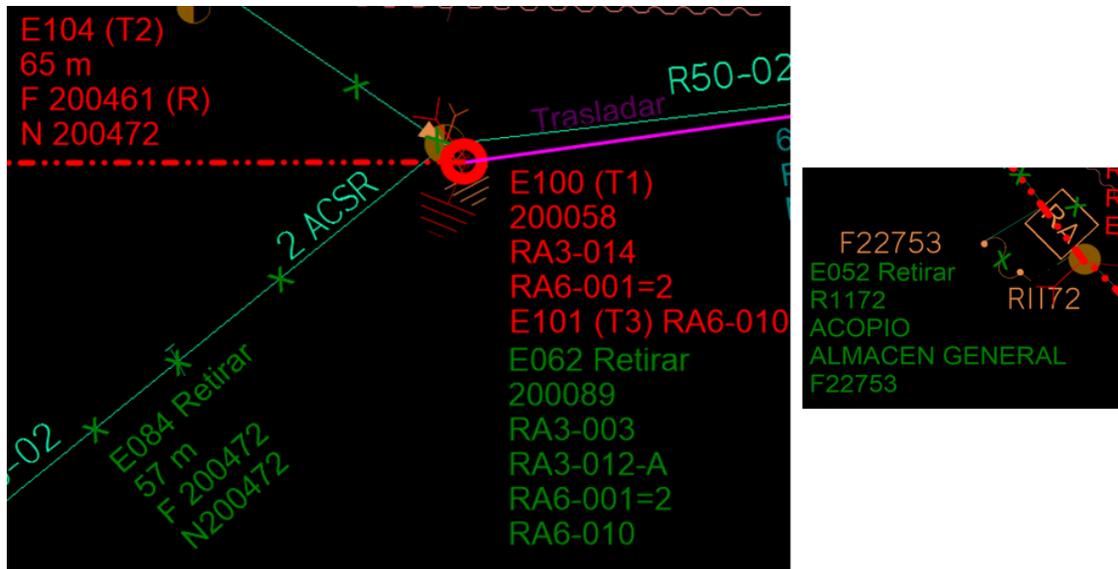


Fig.7. Reporte de retiros.

3. Reporte de traslados

Se debe indicar el elemento a trasladar, en los activos se indica su subestación, normas técnicas de los elementos a retirar con su cantidad, los códigos de los materiales, en los conductores reportar la longitud, código de conductores (neutro y fases), fase de la cual este pegada la red (RST) como se observa en la fig.8.

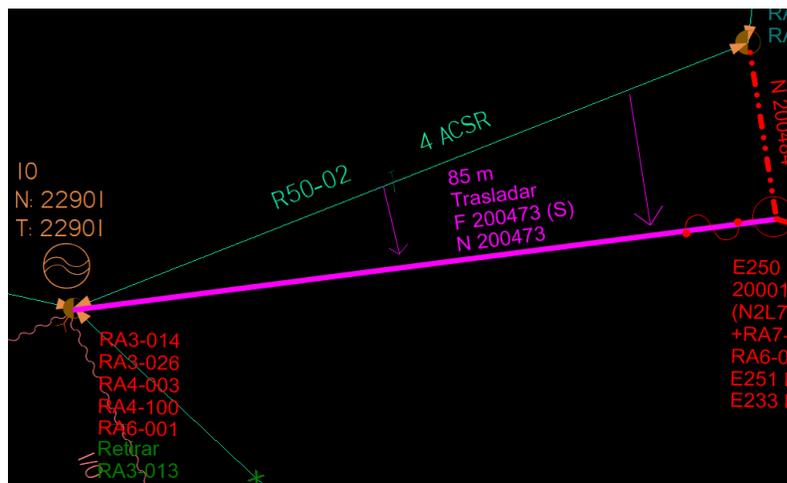


Fig.8. Reporte de traslados.

4. Reporte de elementos existentes

Las redes existentes que no están actualizadas en MDE se reportan sin estaciones, pero si con distancias, tipo de proyecto, norma técnica, cantidad y color apropiado tal como se ilustra en la fig.9.



Fig.9. Reporte de elementos existentes.

- Se realizaron los planos tanto para el diseño, estimación y final, luego de la ejecución del proyecto con la guía metodológica de modelo digital de energía para ser evaluada por EPM y dar su aceptación.

Los principales criterios a tener en cuenta para reportar la información respecto a los planos ya que es un diseño, son las simbologías de los elementos, los colores a usar en traslados, colocación, retiros, elementos existentes, los cables a utilizar con sus respectivos códigos, los tipos de postes a usar y que altura, el tipo de viento, puestas a tierra, tipos de caja portabornera, distancias de cables, ubicación donde se realiza el trabajo, que transformador va a intervenir, en que parte se hace el pegue en la red, activos con sus respectivas normas y códigos como transformadores, reconectores, aisladero, cuchillas, DPS, nivel de tensión a la que se va a trabajar y vestidas o adecuaciones que deben llevar los postes, en la fig. 10 se observa un plano en G-net viewer con los principales criterios mencionados anteriormente.

V. RESULTADOS Y ANALISIS

Información suministrada desde EPM y personas de la UGI (unidad de gestión de información) de cómo se debe ingresar la información en el MDE en este caso en el programa Gnet viewer en la parte de energía.

La estimación es el primer contacto con la aplicación de Gnet viewer, donde se deben reportar los elementos descritos en diseño entregado por los diseñadores a mano alzada, postes, cables y otros elementos ya sean nuevos o existentes.

Primero se deben especificar las estaciones principales que las enumeraremos por postes y tramos de cables instalados (E-010, E-020, E-030...), empezando la enumeración desde el pegue de la red (desde la fuente hasta a cola de la red), se ubican los postes por medio del GPS, ortofoto o de medidas del diseño a mano alzada como se muestra en la fig.11. donde las líneas fucsias son los puntos del GPS donde deben ir ubicados los postes en el programa Gnet viewer.

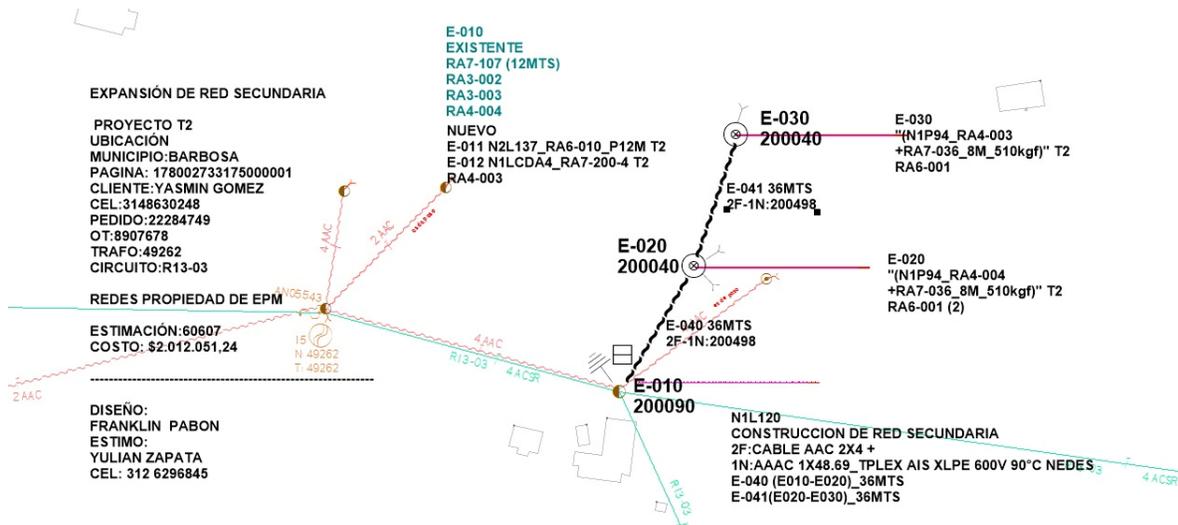


Fig.11. Puntos de GPS.

Luego se reportan las subestaciones (E-011, E-012, E-013,... E-021, E-022, E-023,..) donde se encuentran los activos (cuchillas, aisladeros, reconectores, puestas a tierra, DPS, portabornera) que van en un mismo poste o en diferentes postes, por tanto están dentro de la estación de cada poste, ejemplo: la puesta a tierra y la portabornera se instalaron en el poste E-030, luego las subestación para la puesta a tierra y la portabornera serían E-031 y E-032 respectivamente. Luego

se reportan los demás elementos, no activos, como estribos, vestidas del poste, vientos, traslados y retiros, luminarias, todos en el respectivo poste donde se van a instalar. En las subestaciones también se reporta todo lo relacionado con postes y cables como la colocación, traslados y retiros.

En la estación del cable a instalar, se debe colocar su norma CREG, la descripción del cable a usar, las subestaciones de cable o tramos a instalar y sus debidas distancias.

A. Ejemplos:

En la fig.12 se observan los criterios para empezar a realizar un plano en la aplicación G-net viewer, primero se ubica el pegue a la red que en este caso está en la estación E-010 donde hay un poste metálico (RA7-037) con su debido código 200076(los códigos de los materiales son buscados en la base de datos de EPM) ya que en este caso era un poste metálico de 8 metros y 510Kgf, los otros postes nuevos son de fibra (RA7-036) con sus respectivas estaciones, E-020, E-030, E-040, E-050 y códigos, en este caso el código es 200040 ya que son postes de fibra de 8 metros y 510Kgf; luego se dibuja el camino de la red, en este caso es red secundaria en tríplex #4 y se añade estaciones, en este caso la estación principal del cable es la E-060 y sus subestaciones E-061, E-062, E-063 con su respectivo código 200498 de cable tríplex #4; luego se coloca la descripción de cada estación con sus respectivas subestaciones; en la estación E-010 se observa que el poste es existente y se define así en la descripción, luego se coloca lo que se instalará en este poste, en este caso una adecuación en terminal secundaria a centro RA4-003; en la estación E-020 se indica lo nuevo a instalar, un poste de fibra con su norma CREG, una puesta a tierra con su subestación y norma CREG, dos adecuaciones en terminal a centro y dos vientos convencionales; en la estación E-030 se indica el poste nuevo de fibra con lo que llevaría este poste, una puesta a tierra, una portabornera las cuales tienen su símbolo a dibujar en cada poste, tres adecuaciones terminales a centro, dos vientos convencionales y la conexión a colilla que es de la portabornera; en la estación E-040 y E-050 se indica un viento convencional y los postes de fibra nuevos; luego se coloca la descripción del cable, se empieza por la norma CREG asociada al cable, el tipo de proyecto ya que es un activo, luego la descripción de que cable se va a instalar, en este caso tríplex #4 y también las distancias de cada vano y entre que estacione va cada tramo de red.

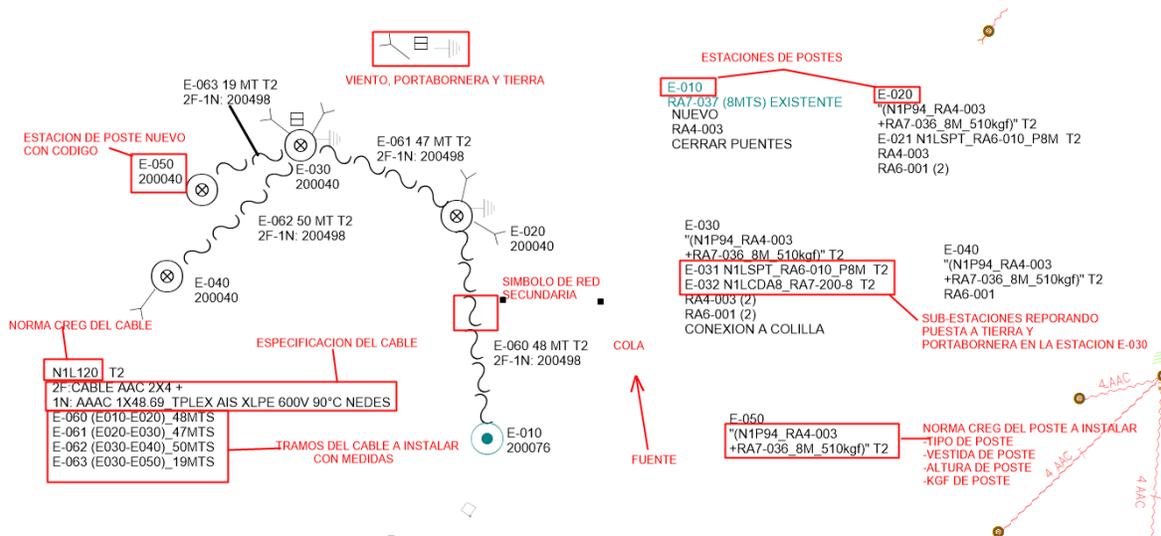


Fig.12. Asignación de estaciones y subestaciones en plano con normas y elementos en una red secundaria en estimación.

Luego se debe agregar la información de la OT (orden de trabajo), el nombre del cliente, su teléfono, la dirección donde se realizará el proyecto ya sea urbano o rural, el transformador a intervenir, la propiedad de todos los elementos en este caso EPM, quien estimó y quien diseño el proyecto.

Ejemplo:

EXPANSIÓN DE RED SECUNDARIA T2

MUNICIPIO: BARBOSA

OT: 6339052

TRAFO: 22332

CIRCUITO: R17-02

CLIENTE: INES CASTILLO

CEL: 3014971507

PEDIDO:22056902

PAGINA: RURAL_178000880476000101

REDES PROPIEDAD DE EPM

ESTIMACIÓN:46532

COSTO: \$ 3.392.601,39

DISEÑO: YADER PABON

ESTIMO: YULIAN ZAPATA

La actualización, se intervine nuevamente en el plano en Gnet para actualizar y reportar lo que se hizo en terreno en la ejecución del proyecto, pueden cambiar distancias de cables, tipo de cable, tipos de postes, colocaciones, traslados y retiros, estos cambios debidos a que algún cliente no permite que coloquen algún poste en un lugar específico, o que no se avisó la suspensión de energía a tiempo, que no hay algún tipo de material, que el oficial no se pueda subir al poste porque hay abejas, que personas externas no permitan que avance el proyecto entre otras, esta se envía al revisor y este a la UGI para que puedan actualizar el MDE. En el siguiente ejemplo de la fig.13 está la actualización del plano final a entregar a los interventores, se observa que con elementos más pequeños y de color rojo la UGI ya actualizo esta OT.

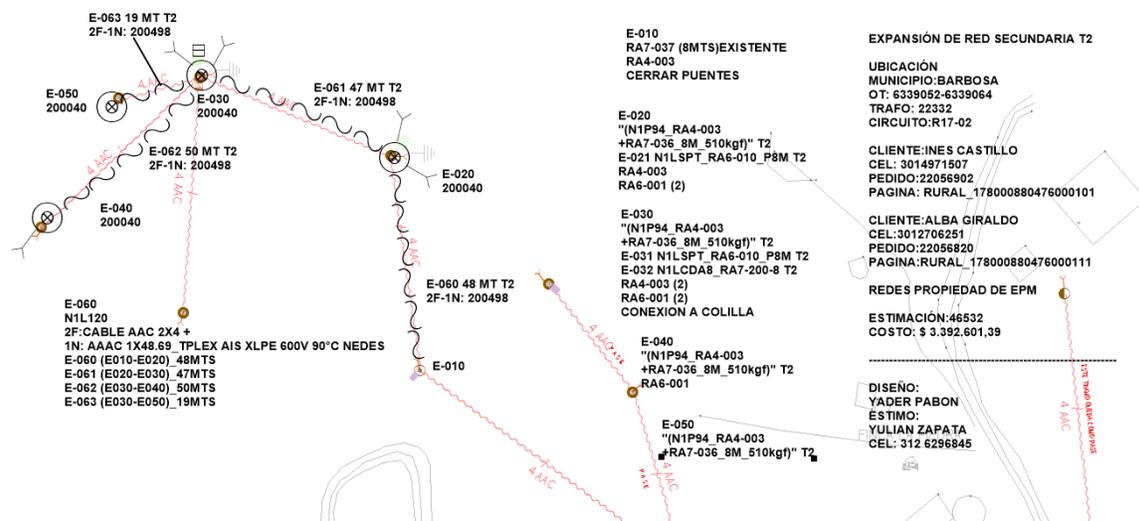


Fig.13. Plano final en una red secundaria ya actualizada.

Ejemplo de un trabajo de expansión de red primaria, en este podremos observar más elementos, un RA2-007 aisladero trifásico en la estación E-010, un RA2-026 un transformador trifásico de 45 kVA en la estación E-040, un tipo de calibre diferente ya que es red primaria trifásica en compacto,

traslados, retiros y elementos existentes con sus debidos colores, como se presenta en la fig.14.

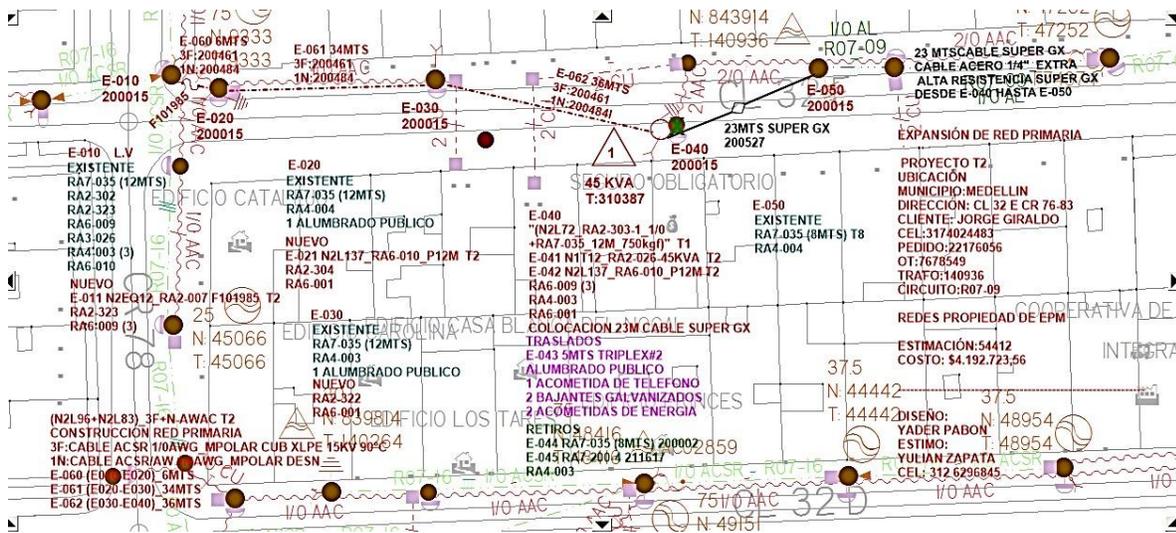


Fig.14. Plano final de una expansión de red primaria.

Luego de mandar el plano final a los interventores, las personas de la UGI se encargan de actualizar el MDE tal como se observa en la Fig.15. y se podrá avanzar a cobrar el trabajo.

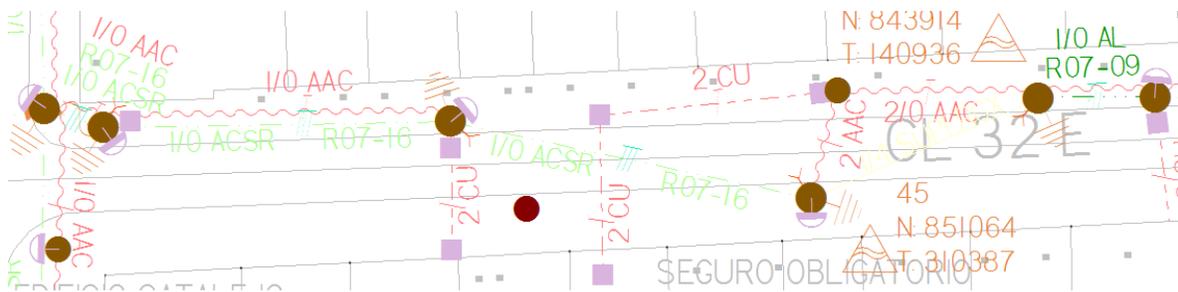


Fig.15. Plano actualizado por la UGI de una expansión de red primaria.

VI. CONCLUSIONES

- Se recopiló información acerca de la normatividad vigente y criterios para el desarrollo del diseño en redes de distribución, con guías, tablas y reglas que impone EPM para el reporte y control por medio de un pliego.
- Se identificó todo el proceso llevado a cabo para actualizar y ejecutar una construcción, expansión y o reposición en redes de distribución en la empresa Ingeomega, pasando por cada uno de sus procesos, desde la planeación y diseño hasta el cierre de las OT's que es cuando liquidan o pagan el trabajo o proyecto realizado.
- Se definieron los tipos de proyectos de EPM gracias a sus bases de datos y explicaciones de estos, también los servicios y cantidad de materiales que tendrá cada proyecto, para dar una estimación o costos adecuados dependiendo del modelo digital de energía a realizar, estos elementos o materiales pueden verificarse en las normas.
- Se realizó una guía metodológica del modelo digital de energía implícita en este informe, para trabajos de construcción, expansión y reposición en redes de distribución, describiendo el procedimiento para el ingreso de la información gráfica y alfanumérica de los atributos de los elementos de red, con el fin de estandarizar la actualización del Modelo Digital de Energía usando bases de datos, experiencia y normas técnicas para que así haya una buena comunicación de lo ejecutado y llevar un control de todo lo planteado en el MDE.

VII. REFERENCIAS

- [1]. S. Ramírez, “Redes de distribución de energía”, Universidad Nacional sede Manizales, Ed 3, Enero del 2004.
- [2]. CREG, Resolución CREG 015 de 2018 “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”, Bogotá, 2018.
- [3]. EPM, T&D – DOC – MA- 002 Manual de Operación, Versión 10, 2019.
- [4]. ICONTEC. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 2859-1. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC (2002).
- [5]. EPM, “Manual Net Viewer_Energía_3_2”, Empresas Públicas de Medellín E.S.P, versión 3.2, Diciembre del 2010.
- [6]. EPM, “Guía metodológica del cumplimiento de información regulatoria de MDE”, Empresas Públicas de Medellín E.S.P, versión 2, Mayo del 2021.
- [7]. EPM, “Presentación de planos y convenciones, RS0-001”, Empresas Públicas de Medellín E.S.P, Julio del 2005.
- [8]. CREG, “Distribución de energía eléctrica”, Comisión de regulación de energía y gas, Bogotá D.C, Mayo de 2008.