INFORME TECNICO DE EJECUCION DE OBRA

CONTRATO DE OBRA N°. 0381 DE 2024 CUYO OBJETO ES: "CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE 13, OBRAS CIVILES, MONTAJE ELECTROMECÁNICO, Y OBRAS DE REFORZAMIENTO, PROTECCIONES GEOTÉCNICAS EN LAS TORRES 9, 12 Y 14, SOBRE LA LÍNEA, DOBLE CIRCUITO SAN ANTONIO - YOPAL Y SAN ANTONIO – TOQUILLA 115 KV OPERADA POR LA EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE ENERCA S.A. E.S.P."

Yopal, 27 de agosto de 2025

Señores
ENERCA S.A E.S. P.
NIT: 844.004.576-0

Ref. **INFORME TECNICO GENERAL CONTRATO DE OBRA NO. 0381 DE 2024 CUYO OBJETO ES: "CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE 13, OBRAS CIVILES, MONTAJE ELECTROMECÁNICO, Y OBRAS DE REFORZAMIENTO, PROTECCIONES GEOTÉCNICAS EN LAS TORRES 9, 12 Y 14, SOBRE LA LÍNEA, DOBLE CIRCUITO SAN ANTONIO - YOPAL Y SAN ANTONIO – TOQUILLA 115 KV OPERADA POR LA EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE ENERCA S.A. E.S.P."**

TABLA DE CONTENIDO

1. TERMINOLOGIA
2. 1.1 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMPAMENTO
3. 1.2 EXCAVACION
4. 1.3 RELLENO COMPACTADO
5. 1.4 CONCRETO FC=21MP
6. 1.5 CONCRETO PODBRE FC=14MP
7. 1.6 ACERO DE REFUERZO 420 MP
8. 1.7 MICROPILOTES INYECTADOS
9. 1.8 SUMINISTRO Y MOVILIZACION AL SITIO DE LA TORRE 13
10. 1.9 MONTAJE DE TORRE 13 E INSTALACION DE HERRAJES
11. 1.10 DESMANTELAMIENTO DE TORRE 13 EXISTENTE Y TRANSPORTE
12. 1.11 TENSADO Y FLECHADO DE CONDUCTOR TORRE E8 DENTRO DE LAS DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD
13. 1.12 TRINCHOS METALICOS EN MALLA ESLABONADA CALIBRE N°10, TUBOS PERFORACION DE ACERO AL CARBON D=5”, ESPACIOS CADA 1 METRO ENTRE TUBOS
14. 1.13 COMPRA E INSTALACION DE SPT
15. 1.14 CONSTRUCCION DE CANALES PERIMETRALES Y DE CORONACION
16. 1.15 CONSTRUCCION DE CANAL DE DESCOLE
17. 1.16 CONSTRUCCION DE FILTROS FRANCESES
18. 1.17 SUMINISTRO, TENDIDO, TENSADO Y FLECHADO DE CONDUCTOR ASCR 556,5 KCMIL, ENTRE LAS TORRES E12 Y E15
19. 1.18 ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑOS ESTRUCTURALES PARA MICROPILOTAJE Y REFUERZO DE LAS TORRES E9, E12, E13 Y E14
20. 1.9 COMISION DE TOPOGRAFIA
21. CONTEXTO SOCIAL
22. CONCLUSION

TABLA DE IMÁGENES

Ilustración 1 Descargue de material para adecuación de vías 7
Ilustración 2 Material para arreglo de vías 8
Ilustración 3 Vía arreglada con maquinaria amarilla 8
Ilustración 4 Ubicación de puntos de excavación Ilustración 5 Trazado de líneas de protección 10
Ilustración 6 Excavación manual Ilustración 7 Excavación manual y ubicación de trincho 11
Ilustración 8 Excavación manual de canales Ilustración 9 Excavación manual de canales 11
Ilustración 10 Excavación de vigas de refuerzo Ilustración 11 Excavación manual de vigas de refuerzo 12
Ilustración 12 Perforación mecánica Ilustración 13 Perforación mecánica de micropilotes 13
Ilustración 14 Marcación topográfica de torre 13 14
Ilustración 15 Ubicación de tubería torre 13 Ilustración 16 excavación y ubicación tubería torre 13 15
Ilustración 17 Excavación cimentientos torre 13 16
Ilustración 18 Excavaciones torre 17
Ilustración 19 Compactación de terreno mecánicamente 18
Ilustración 20 Acero de refuerzo para torre 13 19
Ilustración 21 Acero de refuerzo torre 14. 20
Ilustración 22 Acero de refuerzo torre 12 20
Ilustración 23 Acero de refuerzo requerido para torre 14 21
Ilustración 24 Acero de refuerzo torre 13 21
Ilustración 25 Detalle de pilote 22
Ilustración 26 ACCESO A TORRE 13 23
Ilustración 27 Planos suministrados por FEM SAS para torre 24
Ilustración 28 Planos suministrados por FEM SAS torre 13 24
Ilustración 29 Planos suministrados por FEM SAS torre 13 25
Ilustración 30 Planos suministrados por FEM SAS torre 13 25
Ilustración 31 Planos suministrados por FEM SAS torre 13 26
Ilustración 32 Planos suministrados por FEM SAS torre 13 26
Ilustración 33 Planos suministrados por FEM SAS torre 13 27
Ilustración 34 árbol de cargas suministrado por FEM SAS torre 13 27
Ilustración 20 Inicio de armado de torre E13 28
Ilustración 21 Armado de torre E13 28
Ilustración 22 Torre E13 armada 29
Ilustración 35 Planos geotecnia y trinchos torre 14 31
Ilustración 36 fundición de trinchos Ilustración 37 Lineamiento de trinchos para ubicación de malla 32
Ilustración 38 Líneas de apoyo para malla Ilustración 39 Soldadura de malla eslabonada 32

Ilustración 40 Compactación de relleno Ilustración 41 Relleno de trinchos 33
ilustración 42 Planos geotécnicos torre numero 13 33
ilustración 43 Excavación y ubicación de tubería ilustración 44 Excavación manual de trinchos 34
Ilustración 45 Ubicación de malla y geotextil primera línea 34
Ilustración 46 Soldadura líneas guía para malla tercera línea 35
Ilustración 47 Diseños geotécnicos torre 12 35
Ilustración 48 Sistema de protección de taludes torre 12 36
Ilustración 49 Trinchos torre 12 36
Ilustración 50 Canales perimetrales torre 14 Ilustración 51 Canales perimetrales finalizados torre 14 37
Ilustración 52 Excavación de canales torre 12 38
Ilustración 53 Excavación de canales torre 12 39
Ilustración 54 Canales torre 12 39
Ilustración 55 Excavación, relleno y cubierta de filtro 40
Ilustración 56 Excavación filtros franceses torre 12 41
Ilustración 57 Ubicación de filtros franceses torre 12 41
Ilustración 58 Detalle constructivo dren francés 42
Ilustración 59 Descargue de conductor 43
Ilustración 60 Descargue mecánico de conductor en sitio 43
Ilustración 61 Conductor descargado y asegurado en sitio 44
Ilustración 62 Plano geotécnico torre 09 44
Ilustración 63 Plano geotécnico torre 12 45
Ilustración 64 Geotecnia torre 13 45
Ilustración 65 Geotecnia torre 14 46
Ilustración 66 Lamina topográfica 46
Ilustración 67 Sección de perfil 47
Ilustración 68 Estructura torre 12 47
Ilustración 69 Estructura torre 13 48
Ilustración 70 Estructura torre 14 48
Ilustración 72 Torre de referencia 49
Ilustración 71 Levantamiento topográfico 49
Ilustración 73 Socialización de proyecto con comunidad 49
Ilustración 74 SOCIALIZACION DE PROYECTO 50
Ilustración 75 Torre 14 finalizada 51
Ilustración 76 Torre 14 finalizada 51
Ilustración 77 Torre 12 finalizada 52
Ilustración 78 Torre 12 finalizada 52

1. TERMINOLOGIA

EXCAVACION: se refiere al proceso de remover tierra, rocas u otros materiales del suelo para crear un espacio o cavidad con diferentes fines, como la construcción, la arqueología o la minería.

RELLENO COMPACTADO: se refiere al proceso de colocar material (como tierra, arena, grava o mezcla de estos) en una excavación y compactarlo en capas para darle estabilidad y soporte estructural**.**

CONCRETO: es un material de construcción compuesto por una mezcla de cemento, agua, agregados (arena y grava o piedra triturada)**,** y en algunos casos, aditivos químicos o minerales. Al mezclarse, el cemento reacciona con el agua (hidrata), endureciéndose y formando una masa sólida y resistente con el paso del tiempo.

MONTAJE: Montaje de torre es el conjunto de actividades técnicas y operativas necesarias para levantar, posicionar y asegurar una torre en su sitio definitivo, siguiendo planos de diseño, normas de seguridad y procedimientos específicos de instalación.

DESMANTELAMIENTO: El desmantelamiento de una torre **es el** proceso técnico mediante el cual se desmonta y retira una estructura vertical**,** como una torre de telecomunicaciones, eléctrica, grúa, o cualquier otro tipo de torre, de manera controlada, segura y planificada.

MICROPILOTES: Lo**s** micropilotes son elementos estructurales de cimentación profunda**,** de pequeño diámetro (normalmente entre 100 mm y 300 mm**),** que se perforan e inyectan con mortero o lechada de cemento, y que pueden llevar refuerzo interior (acero)**.** Se utilizan para transferir cargas al terreno firme cuando no se puede usar una cimentación superficial o tradicional.

TRINCHOS: Los trinchos metálicos **son** elementos estructurales de refuerzo y sujeción**,** fabricados generalmente de acero, que se utilizan para amarrar, estabilizar o reforzar estructuras de concreto o mampostería**,** especialmente en muros y columnas. Funcionan como amarres transversales que aumentan la rigidez y mejoran el comportamiento sísmico o estructural de una construcción.

TENDIDO: Tendido de cables eléctricos es la actividad mediante la cual se colocan los conductores eléctricos siguiendo un diseño específico, asegurando su correcta disposición, continuidad, identificación y protección, cumpliendo con las normas de seguridad y funcionamiento eléctrico.

TENSADO: Tensado de cable es el proceso de aplicación de una fuerza de tracción al cable con el fin de eliminar la holgura, lograr una tensión específica y asegurar su correcto comportamiento estructural, eléctrico o funcional, de acuerdo con las especificaciones del diseño.

FLECHADO: Flechado de conductor es la distancia vertical máxima entre la línea recta que une dos puntos de soporte (cuerda) y la posición más baja del cable suspendido. Este fenómeno ocurre por la acción del peso propio del conductor, la tensión aplicada y condiciones externas como temperatura o viento.

2. 1.1 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMPAMENTO

Se llevó a cabo la movilización de insumos, equipos y materiales desde la bodega principal de la empresa, ubicada en Yopal, hacia la zona de intervención de las torres del proyecto. El objetivo principal de esta actividad fue la instalación de dos campamentos operativos, destinados a servir como puntos estratégicos para el almacenamiento, la distribución de materiales y la coordinación de las actividades en campo.

El primer campamento fue instalado en las inmediaciones de la torre número 14, mientras que el segundo se estableció en la torre número 13. Esta disposición permitió dividir de manera eficiente las zonas de trabajo, generar espacios de acopio diferenciados y garantizar un avance progresivo y ordenado del proyecto, optimizando los tiempos de respuesta y fortaleciendo la logística en terreno.

Adicionalmente, se realizaron adecuaciones en las vías de acceso a las torres, con el propósito de asegurar el tránsito seguro y eficiente de vehículos de carga y maquinaria pesada. Dichas labores incluyeron limpieza de terreno, nivelación, compactación y, en determinados tramos, la aplicación de material granular para incrementar la capacidad portante del suelo. Estas intervenciones garantizaron el acceso sin contratiempos para el descargue de materiales, insumos y equipos requeridos en las actividades constructivas.

Estas acciones corresponden a la fase inicial de implementación del proyecto, constituyendo un componente fundamental para asegurar la continuidad operativa y el cumplimiento de los cronogramas establecidos.



Ilustración 1 Descargue de material para adecuación de vías



Ilustración 2 Material para arreglo de vías

Con el material esencial ya disponible en sitio, se ejecutaron trabajos de adecuación de las vías de acceso a la torre, empleando maquinaria amarilla. Estas labores tuvieron como finalidad garantizar un tránsito seguro y eficiente, permitiendo el ingreso de vehículos proveedores de materiales sin contratiempos.

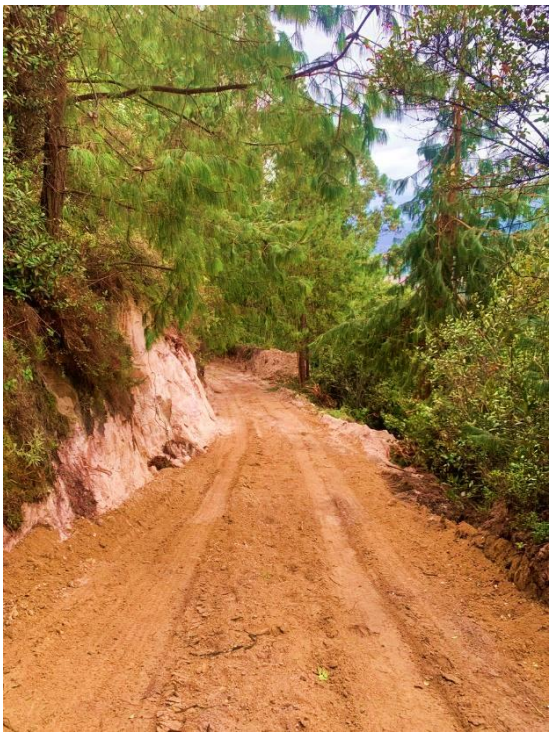


Ilustración 3 Vía arreglada con maquinaria amarilla

3. 1.2 EXCAVACION

Como parte de las actividades preliminares de obra, se iniciaron las excavaciones correspondientes en la torre número 14, con el objetivo de establecer los lineamientos y la ubicación del sistema de estabilización de taludes mediante la instalación de trinchos metálicos. Estas estructuras de contención son fundamentales para garantizar la estabilidad del terreno en zonas con pendientes o presencia de suelos susceptibles a deslizamientos.

Los trinchos metálicos deben ser empotrados en el terreno con una profundidad mínima de 2 metros cada uno, lo cual permite generar la resistencia necesaria para contener las cargas laterales del suelo y mantener la estabilidad del talud en las áreas intervenidas. Esta profundidad es determinada con base en estudios de geotecnia y en las características del suelo del sitio, y busca asegurar una fijación óptima y duradera de los elementos metálicos. Posteriormente, se procedió con la ejecución de los diferentes tipos de excavación contemplados en el proyecto, diferenciados según la naturaleza del terreno y el tipo de trabajo requerido:

- **Excavación mecánica:** realizada con maquinaria pesada (retroexcavadoras, minicargadores, etc.), utilizada en zonas donde se permite una mayor intervención y donde las condiciones del terreno lo hacen viable. Esta metodología permite avanzar con mayor rapidez en la remoción de material.

- **Excavación manual:** aplicada en áreas de difícil acceso o donde se requiere mayor precisión, como cerca de estructuras existentes, redes de servicios o elementos sensibles del proyecto. Esta técnica es desarrollada por personal capacitado, utilizando herramientas manuales y cumpliendo con los protocolos de seguridad establecidos.

Ambos tipos de excavación son controlados bajo criterios técnicos que aseguran la correcta disposición de los materiales extraídos, el cumplimiento de las pendientes y niveles proyectados, y el respeto por las especificaciones constructivas del diseño.

Estas actividades forman parte del proceso de preparación del terreno para las siguientes fases constructivas, garantizando condiciones óptimas de estabilidad, seguridad y continuidad operativa en el desarrollo del proyecto.

.



Ilustración 4 Ubicación de puntos de excavación



Ilustración 5 Trazado de líneas de protección

El primer proceso de trazado y marcación de excavación fue ejecutado en la torre número 14, seleccionada como punto de partida debido a que presentaba las mayores afectaciones geomorfológicas dentro del área del proyecto. Esta condición obedecía a la presencia de pendientes pronunciadas, heterogeneidad en los estratos del suelo y características topográficas irregulares, las cuales requerían una atención prioritaria para mitigar riesgos de inestabilidad y asegurar la viabilidad constructiva en dicho punto.

El trazado se realizó conforme a los planos topográficos y estructurales del proyecto, estableciendo con precisión las áreas a intervenir, las cotas de profundidad y los límites de las excavaciones. Esta actividad fue complementada con la verificación de referencias geodésicas y puntos de control topográfico para garantizar una alineación adecuada con el diseño general. Simultáneamente, se llevaron a cabo los trazados correspondientes a las excavaciones manuales de las vigas de refuerzo estructural de la torre número 14. Estas vigas tienen como función principal mejorar la distribución de cargas y aumentar la capacidad portante de la cimentación en una zona con condiciones geotécnicas complejas. Dado el nivel de precisión requerido y las limitaciones de espacio, estas excavaciones fueron ejecutadas de forma manual, utilizando herramientas especializadas y bajo estrictos controles técnicos y de seguridad.

De igual manera, se procedió con la excavación de los canales perimetrales de drenaje alrededor de la torre, los cuales tienen como finalidad captar y conducir adecuadamente las aguas superficiales y pluviales, evitando su acumulación en la base de la estructura y reduciendo el riesgo de erosión o socavación. El diseño de estos canales contempla pendientes adecuadas, revestimientos de protección y salidas dirigidas a sistemas de disipación o zonas de infiltración.

Todas estas actividades iniciales son fundamentales para preparar el terreno y garantizar condiciones óptimas para la instalación de los elementos estructurales, así como para preservar la estabilidad del entorno inmediato a la torre número 14.



Ilustración 6 Excavación manual



Ilustración 7 Excavación manual y ubicación de trincho

Las excavaciones manuales correspondientes a los canales perimetrales fueron ejecutadas conforme a la geometría, dimensiones y especificaciones establecidas en los diseños técnicos previamente revisados y aprobados por la interventoría del proyecto. Estos diseños contemplan las secciones transversales, pendientes longitudinales y detalles constructivos necesarios para garantizar una adecuada captación, conducción y evacuación de aguas superficiales alrededor de la torre número 14.



Ilustración 8 Excavación manual de canales



Ilustración 9 Excavación manual de canales

En la torre número 14 se ejecutaron manualmente las excavaciones correspondientes a las vigas de refuerzo, siguiendo las dimensiones y especificaciones establecidas en los planos constructivos.



Ilustración 10 Excavación de vigas de refuerzo



Ilustración 11 Excavación manual de vigas de refuerzo

La excavación manual de las vigas estructurales fue ejecutada con el objetivo de mantener un control preciso sobre el volumen y geometría del terreno removido, evitando así excavaciones sobredimensionadas que pudieran comprometer la estabilidad del área de trabajo o alterar innecesariamente las condiciones del subsuelo. Esta metodología permitió seguir fielmente los trazos establecidos en los planos estructurales y adaptarse a las particularidades del terreno in situ.

La excavación controlada también permitió proteger elementos adyacentes y facilitar la correcta ubicación de las armaduras y el posterior vaciado del concreto estructural. La profundidad y dimensiones de estas zanjas fueron supervisadas constantemente, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

Paralelamente, se llevó a cabo la perforación mecánica para la instalación del sistema de estabilización de la cimentación mediante micro pilotaje con barras autoperforantes Titan 30/16. Este proceso fue ejecutado con equipo especializado, utilizando un taladro perforador de alta capacidad, el cual permitió alcanzar las profundidades requeridas según los estudios geotécnicos y estructurales previos.

Las barras Titan 30/16, al ser autoperforantes, permiten simultáneamente la perforación, inyección y colocación de la armadura, optimizando tiempos de ejecución y garantizando una mayor eficiencia en terrenos heterogéneos o de difícil penetración. Estas barras fueron instaladas a profundidades definidas por los análisis de capacidad portante del suelo, con el fin de mejorar la resistencia del terreno y generar un sistema de anclaje efectivo que garantice la estabilidad de la estructura ante cargas verticales y horizontales.

Durante el proceso, se aplicó lechada de cemento con presión controlada para asegurar el correcto relleno de la perforación y la adherencia entre el terreno y el elemento de refuerzo, conforme a las normativas técnicas aplicables y los criterios de diseño del sistema de estabilización.

Estas actividades constituyen una fase crítica dentro del proceso constructivo, ya que proporcionan soporte adicional a la infraestructura en zonas con condiciones geotécnicas complejas, contribuyendo significativamente a la seguridad y durabilidad de la obra.



Ilustración 12 Perforación mecánica

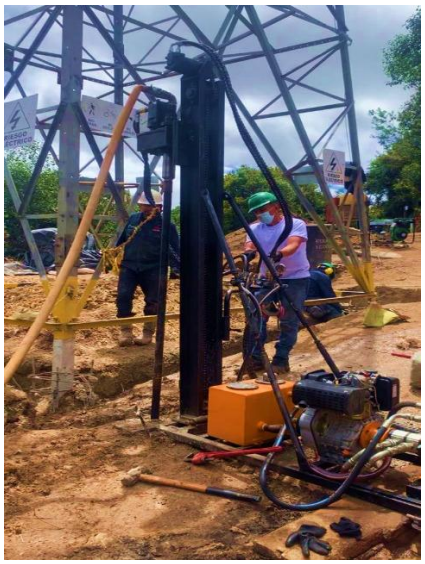


Ilustración 13 Perforación mecánica de micropilotes

Simultáneamente a las actividades desarrolladas en la torre número 14, se adelantaron trabajos de demarcación y excavación manual en la torre número 13, con el objetivo de implementar el sistema de estabilización de taludes mediante trinchos metálicos. Este sistema es técnicamente permisible y necesario en función de las condiciones geomorfológicas del terreno, y cumple con el propósito de brindar mayor estabilidad a las laderas intervenidas, mitigando posibles desplazamientos de masa y asegurando las condiciones adecuadas para la construcción de la infraestructura.

Los trabajos de demarcación se realizaron con apoyo del equipo topográfico, estableciendo con precisión los ejes de construcción y las ubicaciones específicas de los trinchos en relación con la cimentación proyectada de la torre. Esto garantiza una correcta alineación y distribución del sistema de contención, optimizando su eficacia como medida de control geotécnico.

En cuanto al diseño de los cimientos de la torre número 13, estos fueron elaborados teniendo en cuenta dos factores determinantes:

1. La carga estructural proporcionada por el fabricante del sistema electromecánico que será montado en la torre, lo cual define los requerimientos de capacidad portante de la cimentación.
2. Las condiciones del terreno**,** evaluadas a través de un estudio de suelos y análisis de la morfología geotécnica de la zona, que incluyen pendientes naturales, niveles freáticos, características estratigráficas y factores de estabilidad.

Además, se consideraron las condiciones de riesgo geotécnico derivadas de intervenciones mineras históricas en el área, las cuales introducen una variable adicional de incertidumbre y posibles afectaciones al comportamiento del suelo frente a cargas estructurales significativas. Estas condiciones justifican la implementación de un sistema de cimentación reforzada.

Para atender a estos desafíos, se contempló el uso de micropilotes inyectados con barras autoperforantes Titan 30/16, como parte integral del sistema de cimentación. Estas barras permiten una perforación eficiente en suelos con baja cohesión o presencia de rellenos y proporcionan un anclaje profundo que mejora la estabilidad global de la torre. La inyección controlada de lechada cementicia en el proceso de instalación garantiza una adherencia adecuada con el terreno y un desempeño estructural conforme a las exigencias de carga.

Este sistema permite distribuir de forma más eficiente las cargas de la torre hacia estratos más competentes del subsuelo, mejorando significativamente la capacidad portante y reduciendo el riesgo de asentamientos diferenciales.

Finalmente, se procedió con la demarcación topográfica de los ejes de construcción para los trinchos, asegurando su correcta ubicación en relación con la cimentación de la torre número 13 y alineándolos según los planos estructurales y los criterios definidos en el modelo de estabilización geotécnica.



Ilustración 14 Marcación topográfica de torre 13

Con la torre debidamente marcada topográficamente respecto al eje de línea y de acuerdo con los parámetros establecidos previamente a la ejecución, se procedió a iniciar la excavación de los trinchos, sistema de estabilización de taludes diseñado para garantizar una mayor estabilidad en el área de implantación de la torre.

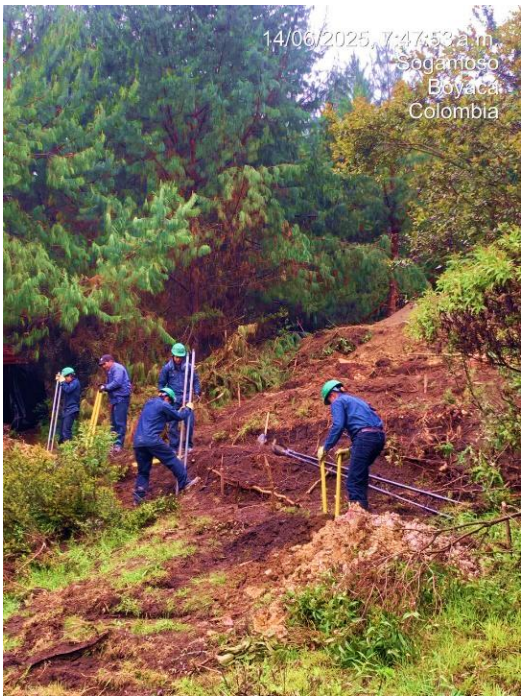


Ilustración 15 Ubicación de tubería torre 13



Ilustración 16 excavación y ubicación tubería torre 13

Durante el desarrollo de las actividades en la torre número 13, se identificó como prioridad la ubicación progresiva y precisa de la tubería de sistemas de protección de taludes, debido a que las excavaciones destinadas para estos elementos presentan secciones angostas y profundas. Esta condición geométrica, sumada a la morfología del terreno —caracterizado por suelos sueltos, de baja cohesión y con posibles zonas de relleno o material alterado— genera un riesgo latente de colapsos parciales de las paredes de excavación y taponamientos del sistema.

Por esta razón, fue esencial implementar una estrategia de instalación inmediata de la tubería a medida que avanzaban las excavaciones, minimizando el tiempo de exposición del talud interno y reduciendo el riesgo de inestabilidad. Además, se aplicaron técnicas de protección temporal como entibados parciales en zonas críticas y monitoreo constante del comportamiento del terreno, garantizando así la continuidad del trabajo y la seguridad del personal en campo.

Posteriormente, y conforme a los diseños estructurales y geotécnicos previamente aprobados, se procedió a ejecutar las perforaciones para la instalación de micropilotes en la cimentación de la torre número 13.

Estas perforaciones se realizaron con equipo especializado, utilizando barras autoperforantes Titan 30/16, las cuales permiten simultáneamente la perforación, colocación de la armadura y la inyección de lechada de cemento bajo presión controlada. Esta metodología mejora la resistencia a la tracción y compresión del sistema de cimentación, proporcionando un anclaje profundo y estable, especialmente necesario en zonas con antecedentes de afectación minera o inestabilidad del terreno.

Una vez finalizado el sistema de micro pilotaje, se iniciaron las excavaciones mecánicas correspondientes a las zapatas de cimentación de la torre. Estas excavaciones se realizaron con maquinaria adecuada, siguiendo las dimensiones, profundidades y ubicaciones indicadas en los planos estructurales. El control de nivelación y alineación fue verificado por el equipo topográfico, asegurando la correcta ejecución de las plataformas de apoyo para los elementos estructurales.

Durante el proceso se aplicaron buenas prácticas de manejo de suelos, incluyendo la disposición temporal del material excavado en zonas controladas, la protección contra erosión hídrica y la inspección constante de la estabilidad de los taludes generados.

Estas acciones forman parte fundamental de la preparación de la cimentación de la torre número 13, asegurando condiciones adecuadas de soporte estructural, estabilidad geotécnica y cumplimiento de los requerimientos del diseño técnico del proyecto.



Ilustración 17 Excavación cimentientos torre 13



Ilustración 18 Excavaciones torre

4. 1.3 RELLENO COMPACTADO

Una vez instalada la tubería dentro de la zanja, se procede con el proceso de relleno controlado en capas sucesivas no mayores a 20 centímetros de espesor, conforme a las buenas prácticas de ingeniería civil y a lo estipulado en las especificaciones técnicas del proyecto. Este procedimiento tiene como finalidad asegurar una compactación homogénea y efectiva del material de relleno, evitando la generación de vacíos o burbujas de aire que puedan comprometer la estabilidad del terreno o provocar asentamientos diferenciales con el paso del tiempo.

El relleno en capas delgadas permite trabajar adecuadamente la compactación y controlar el grado de densificación alcanzado en cada etapa. En especial, es crítico mantener este control en los primeros 60 cm de relleno, ya que es la zona más cercana a la tubería y, por tanto, la más susceptible a desplazamientos o asentamientos si el terreno no ha sido correctamente tratado.

La compactación se realiza de forma mecánica, empleando un compactador tipo “saltarín” o apisonador de impacto, herramienta adecuada para trabajar en espacios reducidos y zanjas estrechas. Este equipo permite aplicar energía de impacto de forma vertical y continua sobre el terreno, logrando una densificación efectiva del suelo y reduciendo significativamente la posibilidad de fallos estructurales por mala compactación.

Durante el proceso, se realiza supervisión técnica continua para verificar el cumplimiento del espesor de cada capa, el tipo de material utilizado como relleno (preferiblemente material seleccionado o previamente cribado) y el correcto uso del equipo de compactación. Además, se recomienda realizar ensayos de densidad in situ (como el ensayo de cono de arena o densímetro nuclear) para validar el grado de compactación alcanzado, especialmente en zonas críticas.

Este procedimiento garantiza la protección mecánica de la tubería instalada, la integridad estructural del relleno y la preparación adecuada del terreno para futuras cargas sobre la superficie, ya sean estructurales o por tránsito.



Ilustración 19 Compactación de terreno mecánicamente

5. 1.4 CONCRETO FC 21 MP

El concreto a utilizar se elabora conforme a los parámetros definidos por el laboratorio FIEL DATA Geological Engineering Research S.A.S., con NIT 901588403-7, entidad responsable de establecer las dosificaciones de acuerdo con los agregados empleados. Estas dosificaciones garantizan la estabilidad y resistencia del concreto, conforme a la medida de megapascales requerida para el proyecto.

Se anexará el informe correspondiente con las indicaciones emitidas por el laboratorio.

6. 1.5 CONCRETO POBRE FC 14 MP

El concreto a emplear se elabora conforme a los parámetros establecidos por el laboratorio Fiel Data Geological Engineering Research S.A.S., con NIT 901588403-7, entidad responsable de definir las dosificaciones de acuerdo con los agregados a utilizar. Dichas dosificaciones garantizan la estabilidad y resistencia del material, en este caso con una resistencia característica a la compresión de 14 MPa, según los requerimientos técnicos del proyecto.

Se anexará el informe correspondiente con las indicaciones emitidas por el laboratorio.

7. 1.6 ACERO DE REFUERZO

El acero utilizado en el presente proyecto ha sido seleccionado y dimensionado conforme a los parámetros y especificaciones establecidas por el ingeniero estructural, quien ha fundamentado su diseño en los estudios geotécnicos y de morfología del suelo previamente realizados.

Dichos estudios proporcionan la información esencial sobre las condiciones del terreno, permitiendo definir con precisión los esfuerzos, cargas y factores de estabilidad necesarios para garantizar la seguridad estructural del proyecto. Se ha tenido especial consideración de las afectaciones ambientales y geomorfológicas propias de la zona, derivadas principalmente de actividades de explotación minera, las cuales alteran significativamente las propiedades mecánicas del suelo.

Con base en estos análisis, se definieron los requerimientos de acero estructural en cuanto a resistencia, ductilidad y comportamiento ante cargas combinadas, asegurando la formación de una estructura estable, resistente y duradera, capaz de responder adecuadamente a las condiciones impuestas por el entorno.

Memorias de cálculo y anexos técnicos:

Todas las memorias de cálculo estructural, planos, especificaciones y justificativos técnicos han sido elaboradas por el ingeniero estructural responsable y se encuentran anexos al informe estructural del proyecto, conforme a lo establecido en la normativa técnica vigente.

ACERO DE REFUERZO TORRE 13

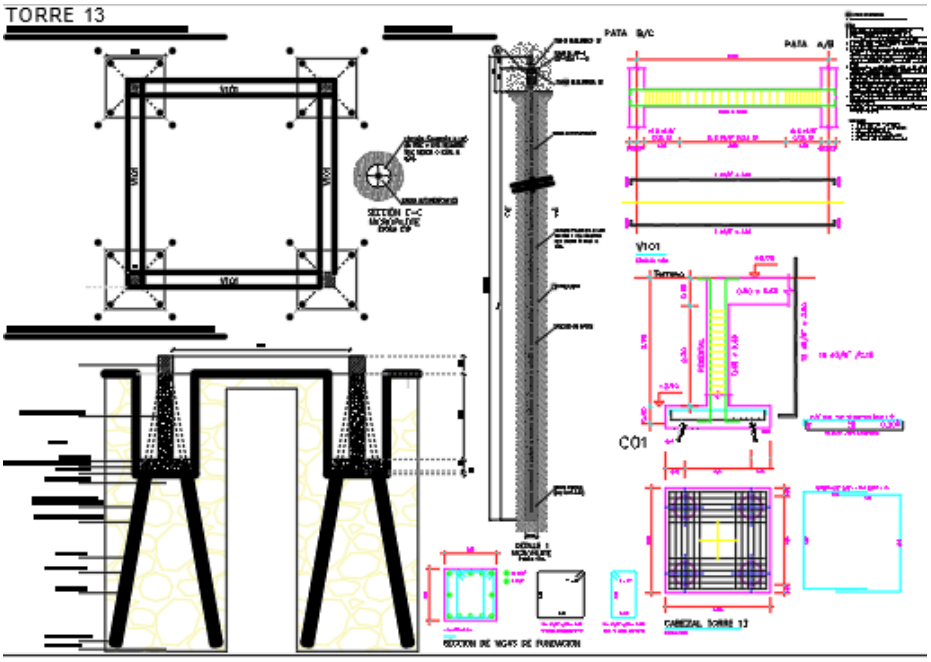


Ilustración 20 Acero de refuerzo para torre 13

La torre número 13 requiere el suministro completo de acero, el cual corresponde tanto al acero de cimentación para las zapatas, como al de las vigas y a la disposición de los puntos de anclaje de los micropilotes en la estructura.

ACERO DE REFUERZO TORRE 14

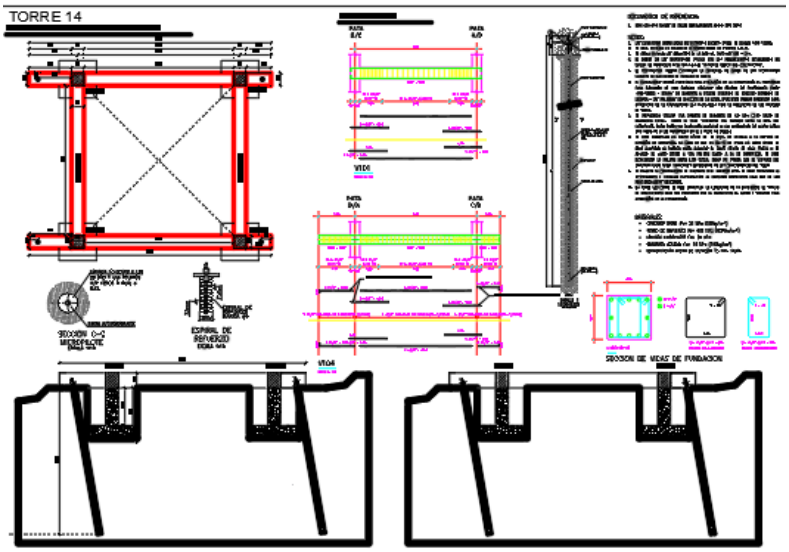


Ilustración 21 Acero de refuerzo torre 14.

En la torre número 14 se requiere la instalación de refuerzos en acero, considerando que ya existen estructuras previamente construidas. El objetivo de estos refuerzos es estabilizar las cargas y optimizar su distribución, con el fin de reducir al máximo el riesgo de colapsos derivados de posibles fallas en las estructuras existentes.

ACERO DE REFUERZO TORRE 12

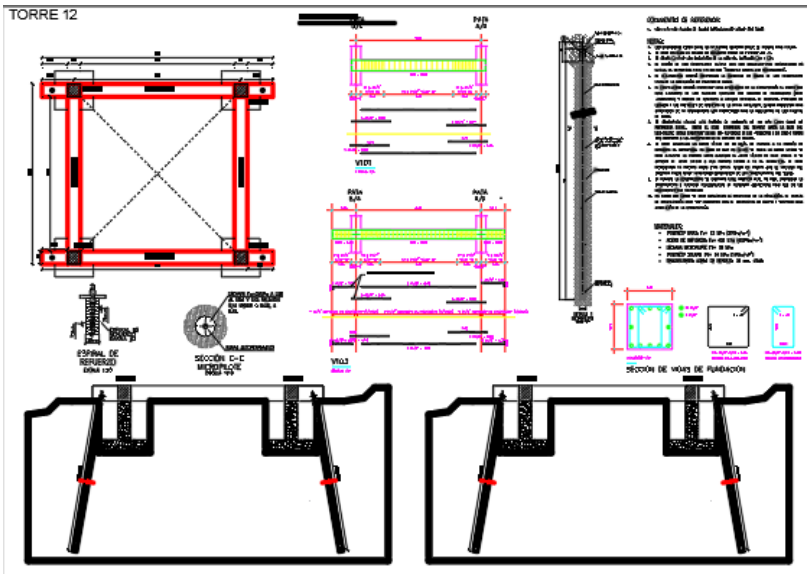


Ilustración 22 Acero de refuerzo torre 12

En la torre número 12 se requiere la incorporación de refuerzos en acero, considerando que ya existen estructuras previamente ejecutadas. La finalidad de estos refuerzos es estabilizar las cargas y optimizar su distribución, con el propósito de minimizar el riesgo de fallas estructurales y prevenir posibles colapsos en las construcciones existentes.

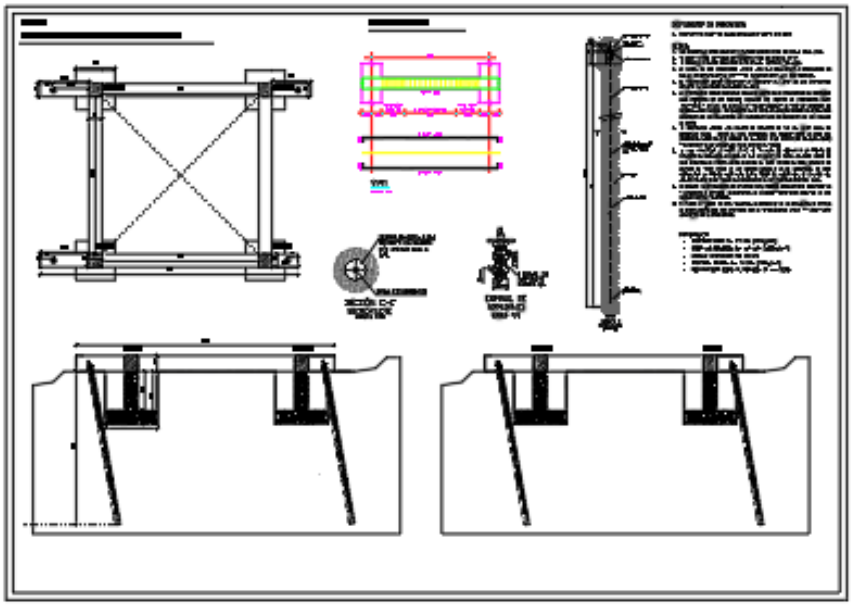


Ilustración 23 Acero de refuerzo requerido para torre 14

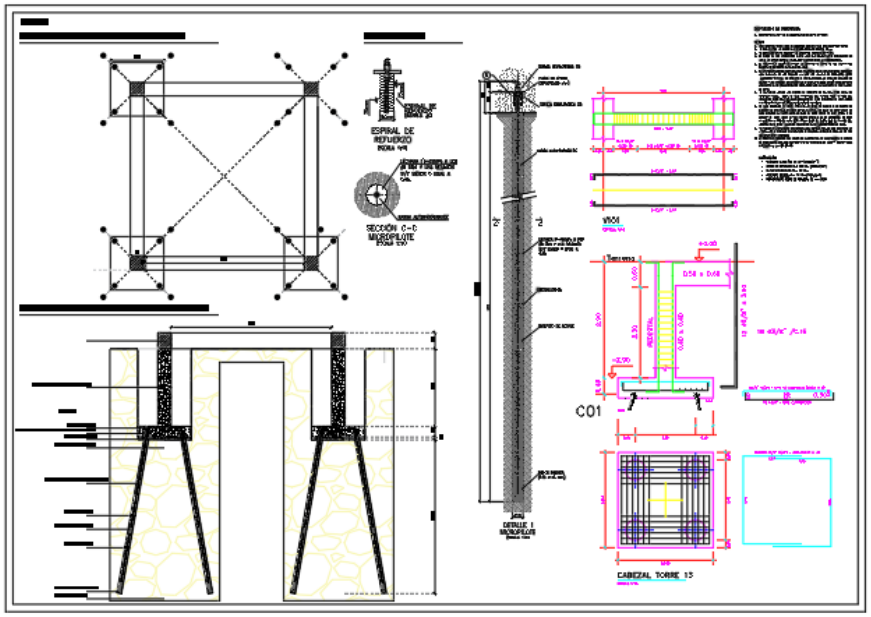


Ilustración 24 Acero de refuerzo torre 13

8. 1.7 MICROPILOTES INYECTADOS

Los micropilotes son elementos de cimentación profunda, de pequeño diámetro, que se utilizan para transferir cargas de estructuras a estratos más resistentes del terreno. se emplean en obras donde las cimentaciones tradicionales no son factibles o para reforzar estructuras existentes.

¿qué significa "inyectados con barras titan 30/16"?

- **inyectados:** se refiere a que durante la instalación del micropilote se realiza la inyección de una lechada de cemento (mezcla de agua, cemento y aditivos) para consolidar el terreno y mejorar la adherencia entre el pilote y el suelo. esto aumenta la capacidad de carga y la estabilidad del micropilote.
- **barras titan 30/16:** son barras de acero de alta resistencia que se utilizan como armadura o núcleo del micropilote.
    - **titan** es una marca o tipo específico de barras de acero con características especiales de resistencia y durabilidad.
    - **30/16** hace referencia al diámetro o especificación técnica de las barras. generalmente, el primer número indica el diámetro (en mm o la resistencia en alguna norma) y el segundo puede indicar otra característica como la sección o el tipo. por ejemplo, 30 mm de diámetro y 16 mm de alguna medida complementaria.

Los micropilotes inyectados implementados en este proyecto cumplen una función de anclaje especializado para los refuerzos estructurales de las torres 12, 13 y 14. Su diseño y aplicación responden a las condiciones particulares del terreno, el cual presenta alteraciones morfológicas derivadas de la explotación minera en la zona. Estas condiciones exigen medidas adicionales de estabilización con el fin de minimizar el riesgo de fallas estructurales en las cimentaciones y garantizar la seguridad y estabilidad de las torres.

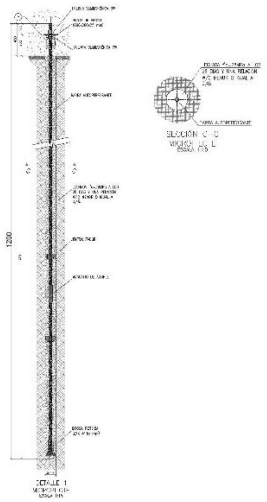


Ilustración 25 Detalle de pilote

9. 1.8 SUMINISTRO Y MOVILIZACION AL SITIO DE LA TORRE 13

El acceso a la torre número 13 presentaba serias dificultades debido a la morfología del terreno y al mal estado de la vía. Ante esta situación, se ejecutaron trabajos de mejoramiento vial mediante el uso de maquinaria amarilla, en coordinación con la comunidad del sector. Estas intervenciones permitieron habilitar un tránsito más seguro y eficiente, tanto para el desarrollo de las actividades relacionadas con la torre como para el beneficio de los habitantes de la zona.

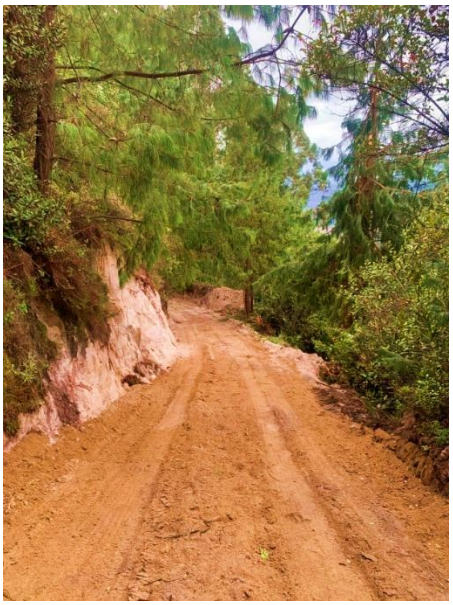


Ilustración 26 ACCESO A TORRE 13

10. 1.9 MONTAJE DE TORRE 13 E INTALACION DE HERRAJES

La torre número E13, suministrada por la empresa FEM S.A.S., fue descargada en el sitio de intervención previamente georreferenciado para su respectiva instalación. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de prearmado de las patas y el armado complementario de la estructura, cumpliendo con las reglas de montaje establecidas para garantizar el correcto desarrollo de la actividad.

De igual manera, se ejecutaron los procedimientos de alineación, nivelación y verificación de cada uno de los componentes estructurales, con el fin de asegurar la estabilidad y funcionalidad de la torre de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas previamente aprobadas.

Con estas labores se concluye el montaje integral de la torre E13, quedando lista para su incorporación dentro del sistema eléctrico, en cumplimiento con los estándares de calidad, seguridad industrial y normatividad vigente aplicable al proyecto.

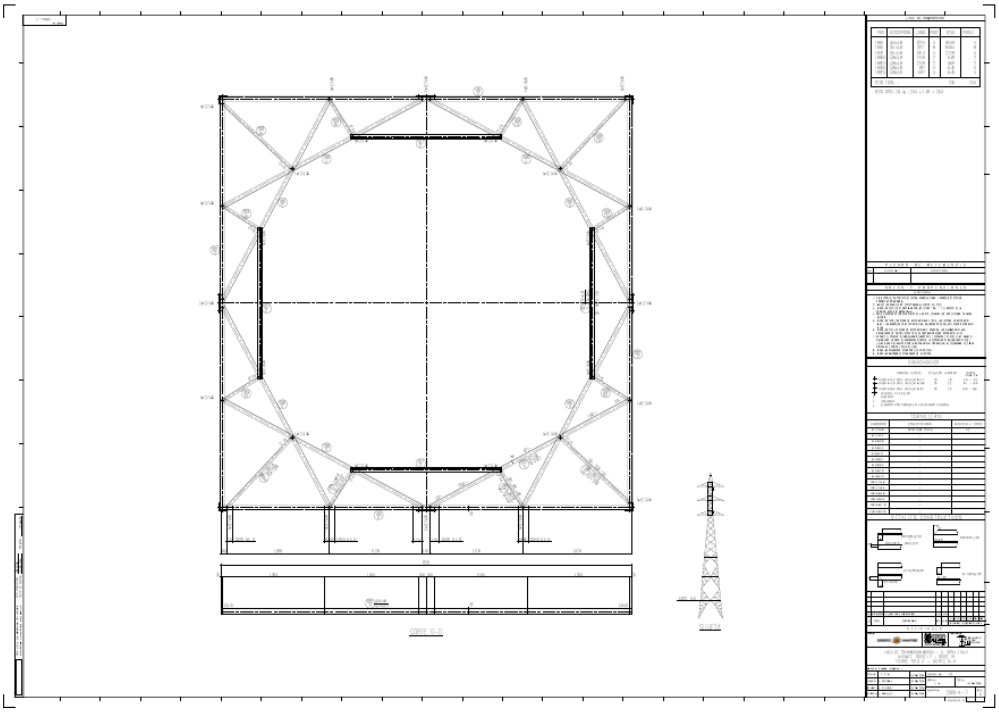


Ilustración 27 Planos suministrados por FEM SAS para torre

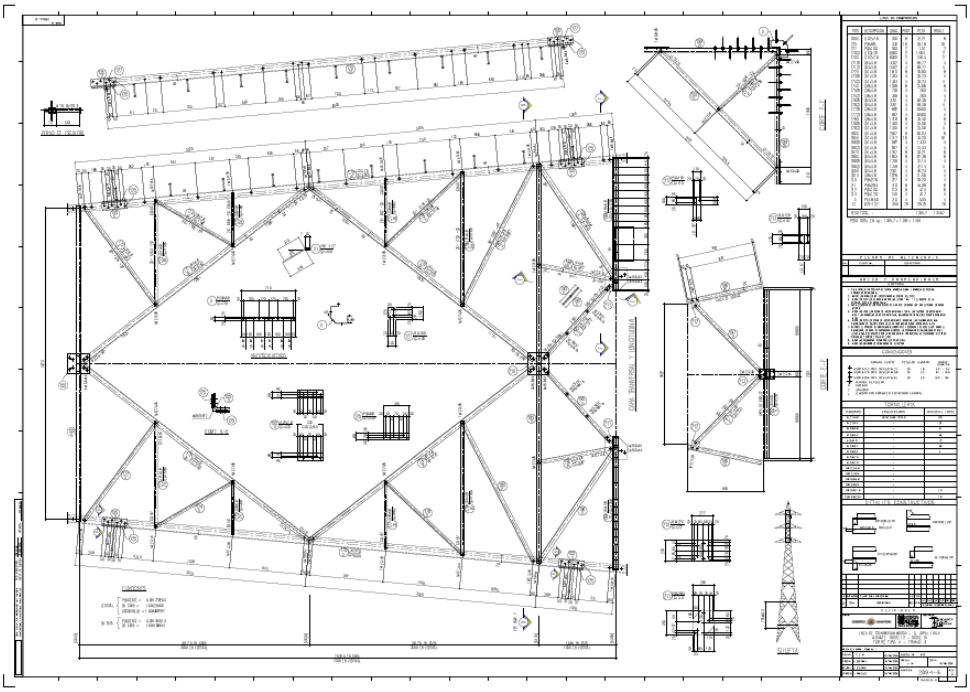


Ilustración 28 Planos suministrados por FEM SAS torre 13

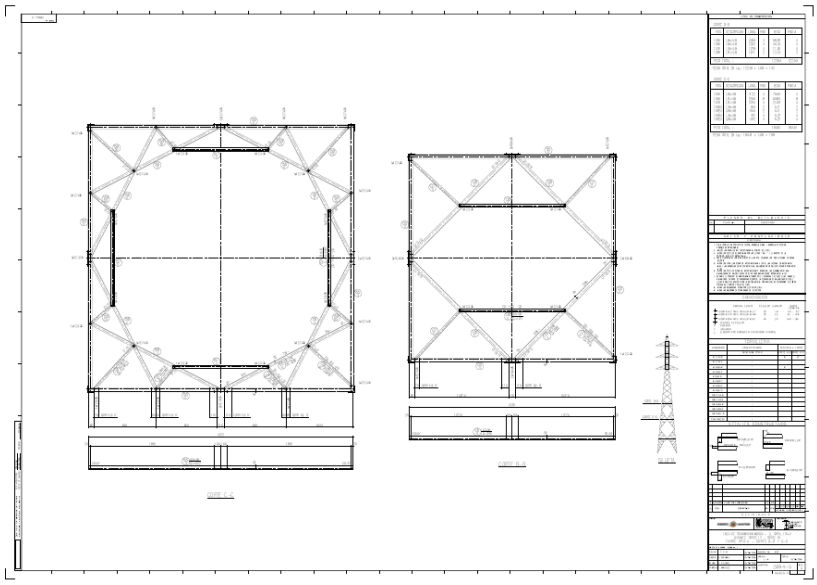


Ilustración 29 Planos suministrados por FEM SAS torre 13

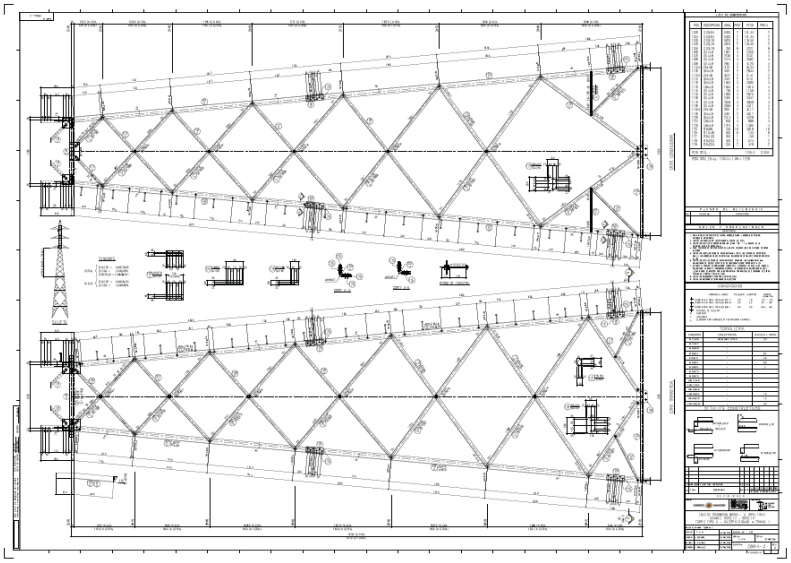


Ilustración 30 Planos suministrados por FEM SAS torre 13

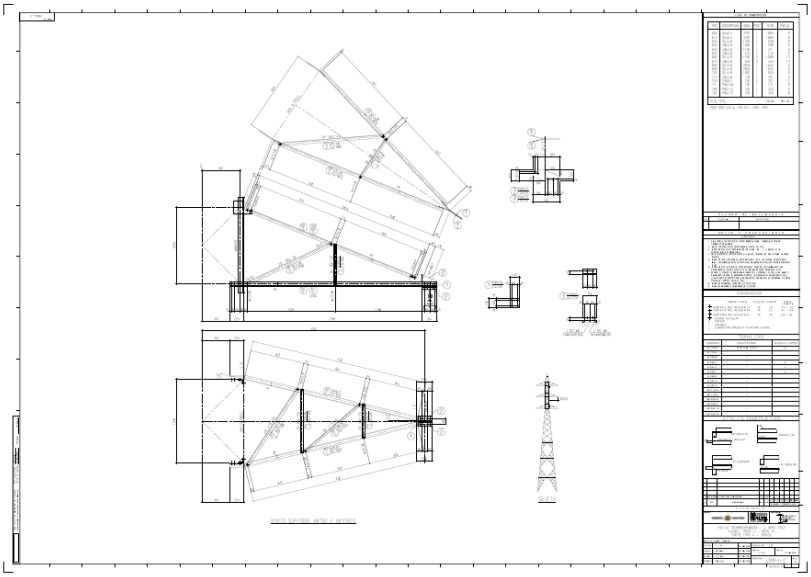


Ilustración 31 Planos suministrados por FEM SAS torre 13

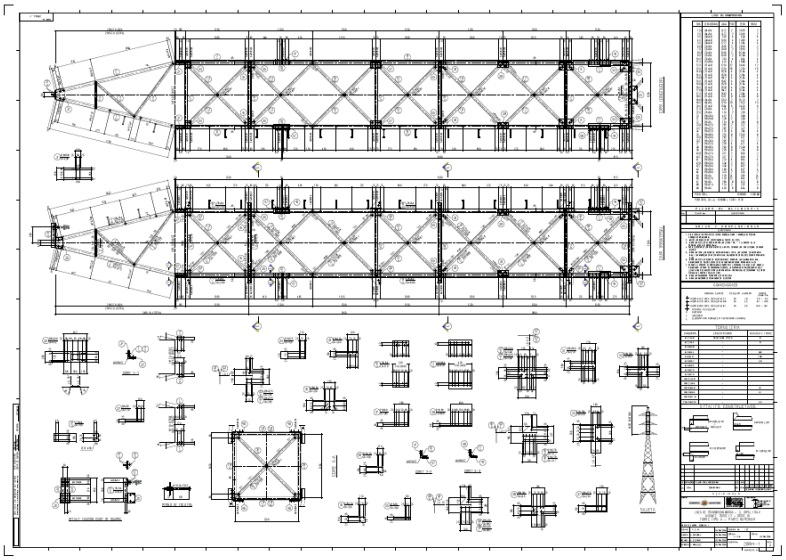


Ilustración 32 Planos suministrados por FEM SAS torre 13

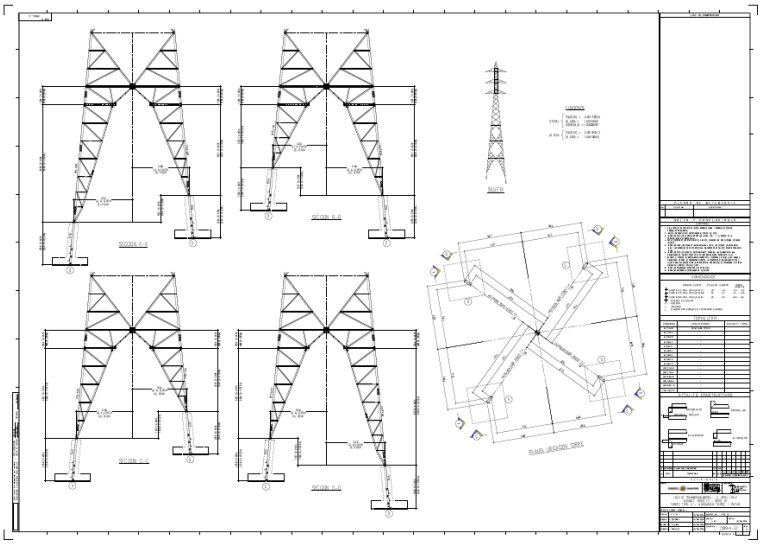


Ilustración 33 Planos suministrados por FEM SAS torre 13

Un ÁRBOL DE CARGAS PARA TORRES ELÉCTRICAS es una herramienta técnica utilizada en el diseño y análisis estructural de TORRES DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA. representa gráficamente todas las FUERZAS Y MOMENTOS que actúan sobre una torre debido a diversas condiciones de carga**.**

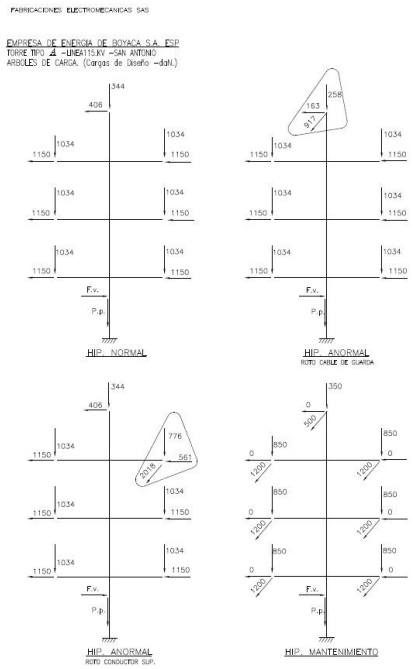


Ilustración 34 árbol de cargas suministrado por FEM SAS torre 13



Ilustración 35 Inicio de armado de torre E13

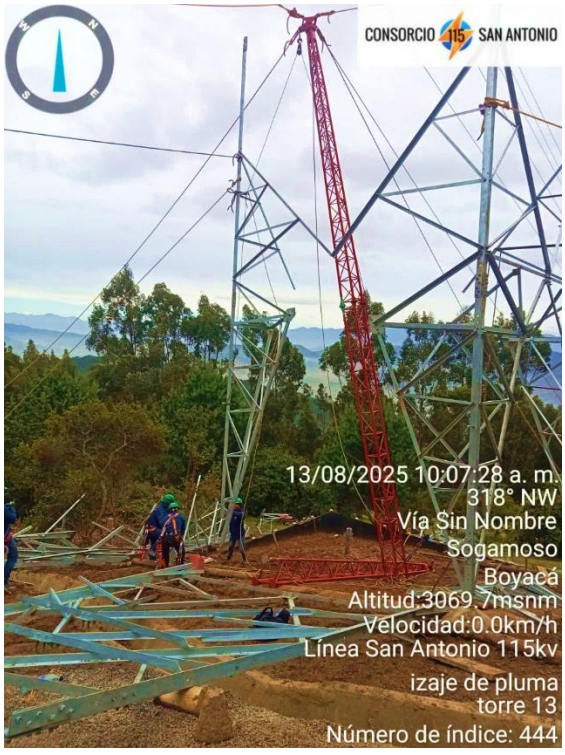


Ilustración 36 Armado de torre E13



Ilustración 37 Torre E13 armada

11. 1.10 DESMANTELAMIENTO DE TORRE 13 EXISTENTE Y TRANSPORTE

Se llevó a cabo el desmantelamiento de la torre E13, aplicando las medidas de seguridad industrial y los protocolos de trabajo en altura establecidos para este tipo de actividades. El procedimiento contempló la secuencia técnica de desmontaje, asegurando la integridad de los trabajadores, la estabilidad de los elementos estructurales durante el proceso y la adecuada disposición de los materiales resultantes.

Esta labor se ejecutó bajo supervisión técnica y siguiendo las normas de seguridad y salud en el trabajo (SST), lo cual permitió un desarrollo controlado, minimizando riesgos y garantizando la preservación de las áreas aledañas al frente de obra.

El proceso de desmantelamiento debe contemplar los siguientes aspectos técnicos:

- Garantizar que la nueva torre esté completamente instalada, nivelada y anclada, conforme a las especificaciones estructurales.
- Coordinar las maniobras de retiro, corte, izaje y desmontaje bajo estándares de seguridad industrial.
- Asegurar la disposición adecuada de los componentes desmontados, cumpliendo con las normativas ambientales vigentes para la gestión de residuos metálicos.

- Ejecutar el **transporte de los elementos desmontados** de manera controlada y segura hacia su destino final, ya sea almacenamiento, reutilización o disposición final.

12. 1.11 TENSADO Y FLECHADO DE CONDUCTOR TORRE E8 DENTRO DE LAS DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD

Se ejecutaron las actividades de **tensado y flechado del conductor en la Torre E8**, cumpliendo con los procedimientos establecidos en las normas técnicas aplicables y los parámetros de seguridad definidos para este tipo de maniobras. Dichos trabajos se realizaron garantizando las condiciones de tensión mecánica adecuadas, así como el control de la flecha del conductor conforme a las tablas de diseño y a las especificaciones del fabricante, con el fin de asegurar la correcta disposición del cable y su comportamiento estructural en operación.

Durante el proceso se verificaron las condiciones climáticas, particularmente la velocidad del viento y la temperatura ambiente, factores determinantes en el cálculo del flechado. Igualmente, se emplearon equipos de tensado calibrados, dinamómetros y accesorios de sujeción homologados, garantizando la protección tanto de la infraestructura como de los operarios.

Con la finalización de estas actividades, el conductor quedó instalado bajo los parámetros exigidos de tensión y flecha, asegurando la continuidad del montaje electromecánico y el cumplimiento de los estándares de calidad del proyecto.

13. 1.12 TRINCHOS METALICOS EN MALLA ESLABONADA CALIBRE N°10, TUBOS PERFORACION DE ACERO AL CARBON D=5”, ESPACIOS CADA 1 METRO ENTRE TUBOS

Como parte del proceso integral de estabilización de las torres eléctricas N.º 12, 13 y 14, se llevaron a cabo las excavaciones necesarias para la instalación de la tubería galvanizada, conforme a las profundidades determinadas en los diseños geotécnicos previamente aprobados. Dichas excavaciones se ejecutaron siguiendo los lineamientos establecidos en los estudios de suelos, asegurando que cada tubería quedara correctamente alineada y posicionada para su función estructural. Una vez posicionadas las tuberías en sitio, se procedió al relleno con concreto estructural, el cual permite que estas tuberías actúen como elementos resistentes a compresión, formando parte activa del sistema de estabilización de taludes. Este sistema es esencial para garantizar la seguridad y funcionalidad de las estructuras metálicas de las torres, especialmente en zonas con pendientes o suelos inestables. Además, como parte del mismo sistema de protección, se avanzó con la instalación de trinchos metálicos, los cuales fueron asegurados y soldados en sus anclajes conforme a las especificaciones técnicas. Estos trinchos servirán como base estructural para la posterior instalación de la malla eslabonada galvanizada y el geotextil de refuerzo, elementos que cumplen funciones de control de erosión y estabilización superficial del talud. Todo este conjunto fue implementado de acuerdo con los diseños estructurales y geotécnicos previamente revisados y aprobados por la supervisión técnica del proyecto.

Importancia de la Estabilización de Taludes

La estabilización de taludes es una técnica fundamental dentro de la ingeniería geotécnica, cuyo objetivo es prevenir deslizamientos o colapsos de masas de terreno, ya sea en taludes naturales o artificiales. Estas acciones son especialmente relevantes en proyectos de infraestructura eléctrica, donde la seguridad estructural depende de la estabilidad del terreno. Además de proteger las obras civiles, estas técnicas salvaguardan la seguridad del personal operativo y del entorno inmediato.

Planificación y Cantidades Aprobadas

Para la implementación del sistema de trinchos metálicos en las torres de la línea San Antonio 115 kV, se desarrollaron planos técnicos detallados basados en los análisis geotécnicos del terreno y las necesidades específicas de cada estructura. Dichos planos fueron presentados y aprobados por el supervisor responsable del proyecto. En ellos se definieron las cantidades exactas de trinchos a instalar por torre, las cuales son:

- **Torre N.º 14**: 48 metros lineales (ML) de trinchos
- **Torre N.º 13**: 48 ML de trinchos
- **Torre N.º 12**: 36 ML de trinchos

Total: 132 ML de trinchos instalados en el sistema general de estabilización de taludes.

Estas cantidades corresponden al diseño aprobado y a los requerimientos técnicos del sistema de protección de cada estructura, garantizando su correcto funcionamiento ante las condiciones geotécnicas del sitio.

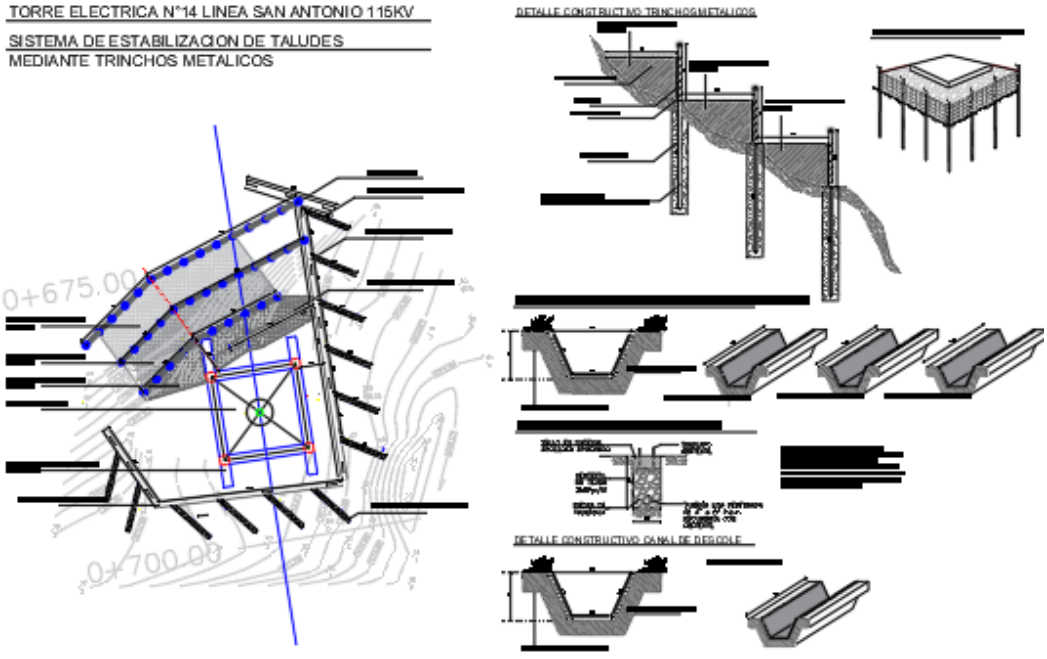


Ilustración 38 Planos geotecnia y trinchos torre 14



Ilustración 39 fundición de trinchos



Ilustración 40 Lineamiento de trinchos para ubicación de malla



Ilustración 41 Líneas de apoyo para malla



Ilustración 42 Soldadura de malla eslabonada

Una vez instalada la malla eslabonada, se procedió a la colocación del geotextil, para posteriormente realizar el relleno y la compactación correspondientes en la primera línea de trinchos de la torre n.° 14.



Ilustración 43 Compactación de relleno



Ilustración 44 Relleno de trinchos

De manera simultánea, se ha venido trabajando en la implementación del sistema de protección mediante trinchos en la torre n.° 13, contando ya con la demarcación topográfica de su ubicación, lo que ha permitido avanzar de forma ordenada con las obras en el sitio.

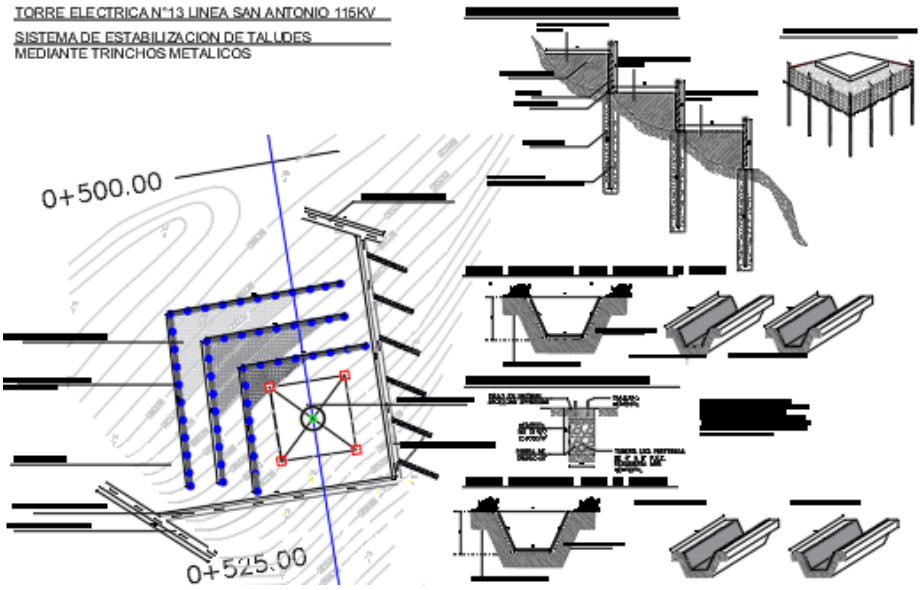


ilustración 45 Planos geotécnicos torre numero 13

Con la torre previamente demarcada topográficamente respecto al eje de línea, y de acuerdo con los parámetros establecidos antes de la ejecución, se procedió a iniciar la excavación de los trinchos, sistema de estabilización de taludes diseñado para brindar mayor seguridad y estabilidad al área de implantación de la torre.



ilustración 46 Excavación y ubicación de tubería



ilustración 47 Excavación manual de trinchos

Con la tubería instalada, alineada y fundida, se procedió a la colocación y tensado de la malla eslabonada junto con la instalación del geotextil, con el fin de dar continuidad al proceso de relleno y compactación del terreno.



Ilustración 48 Ubicación de malla y geotextil primera línea



Ilustración 49 Soldadura líneas guía para malla tercera línea

En la torre número 12 se ejecutaron las excavaciones necesarias para el desarrollo del sistema de protección de taludes (trinchos), así como la instalación y soldadura de la malla eslabonada en conjunto con el geotextil, dejando las condiciones listas para el posterior proceso de relleno y compactación.

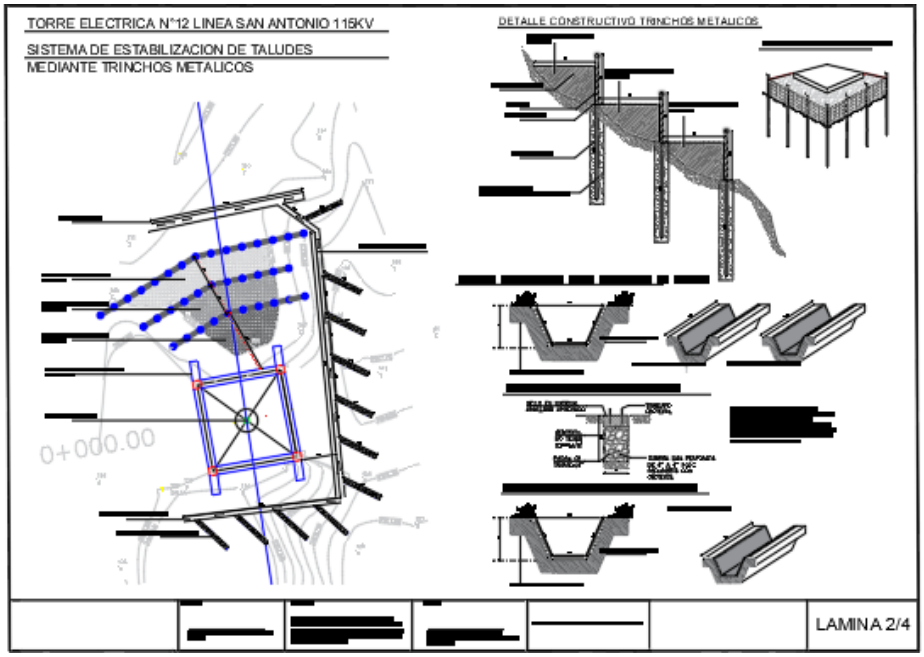


Ilustración 50 Diseños geotécnicos torre 12



Ilustración 51 Sistema de protección de taludes torre 12



Ilustración 52 Trinchos torre 12

14. 1.14 COMPRA E INSTALACION DE SPT

Se realizo la instalación primaria del spt en la torre n°13, teniendo en cuenta que ya se realizó la fundición de la cimentación y se tiene programada la instalación electromecánica de estructura, tendido de cable y conexión de herrajes de la misma torre.

15. 1.15 CONSTRUCCION DE CANALES PERIMETRALES Y DE CORONACION

Durante la ejecución de las obras en la torre número 14, se presentaron ajustes menores en la ubicación de los canales perimetrales, originados por las particularidades morfológicas y geotécnicas del terreno en ese sector. Dichas condiciones —como pendientes naturales, afloramientos rocosos y cambios en la estratigrafía superficial— obligaron a realizar una modificación puntual en el trazado original, con el fin de garantizar la funcionalidad y estabilidad del sistema de drenaje proyectado. Es importante resaltar que esta modificación fue exclusivamente en la ubicación, manteniéndose inalterada la longitud total del canal (metraje) y sin afectar negativamente el diseño hidráulico ni su capacidad operativa. Por el contrario, el nuevo trazado permitió mejorar el desempeño del sistema, facilitando el flujo natural del agua y reduciendo los puntos de acumulación o potenciales obstrucciones.

Los canales fueron diseñados y construidos con una sección transversal semiexagonal, geometría que ofrece ventajas significativas desde el punto de vista hidráulico. Esta forma permite un mejor direccionamiento del caudal, reduciendo la velocidad crítica en puntos sensibles y favoreciendo un escurrimiento continuo. A su vez, minimiza el riesgo de erosión en las cercanías de la cimentación y protege la base estructural de la torre frente a infiltraciones o socavaciones generadas por agua superficial.

Esta intervención, aunque menor, fue documentada y ejecutada conforme a las especificaciones técnicas y bajo la aprobación del equipo de supervisión de obra, garantizando que el sistema de drenaje perimetral mantenga su funcionalidad y cumpla con los objetivos de protección de la infraestructura y control de aguas lluvias.



Ilustración 53 Canales perimetrales torre 14



Ilustración 54 Canales perimetrales finalizados torre 14

Durante la etapa de desarrollo del sistema de drenaje superficial del proyecto, se avanzó de manera significativa en la construcción de los canales perimetrales y la instalación de filtros en la torre número 12. estas actividades permitieron mejorar el manejo de aguas superficiales en el área, contribuyendo a la protección de la infraestructura y al control de erosión en los taludes circundantes.

sin embargo, en el caso de la torre número 9, no fue posible ejecutar las actividades de canalización planificadas debido a interrupciones logísticas en el acceso al sitio y la negativa por parte de los propietarios del predio donde se ubica dicha torre. esta situación, debidamente registrada y reportada a la supervisión del proyecto, impidió la intervención técnica en ese punto, lo que obligó al equipo de obra a replantear la estrategia de implementación de los canales. Como solución, y considerando la necesidad de mantener la funcionalidad del sistema de drenaje general, se procedió a redistribuir los metros lineales (ml) de canal originalmente programados para la torre número 9, incorporándolos como extensiones adicionales en las torres número 12 y número 13. este ajuste permitió mantener el volumen total de obra programado en términos de drenaje, asegurando al mismo tiempo una mejor eficiencia hidráulica en los sectores donde sí fue viable la ejecución.

la redistribución de los canales fue realizada en coordinación con el equipo técnico y de supervisión, garantizando que la modificación cumpliera con los criterios de diseño hidráulico, morfología del terreno y compatibilidad con los elementos estructurales existentes, este tipo de ajustes logísticos y técnicos forman parte de la gestión dinámica del proyecto, buscando siempre maximizar la funcionalidad del sistema constructivo dentro de los límites técnicos y contractuales establecidos, y adaptarse a las condiciones reales de campo sin comprometer los objetivos principales del proyecto.



Ilustración 55 Excavación de canales torre 12



Ilustración 56 Excavación de canales torre 12

SE EVIDENCIAN LOS CANALES PERIMETRALES TOTALMENTE FINALIZADOS EN LA TORRE NUMERO 12



Ilustración 57 Canales torre 12

16. 1.15 CONSTRUCCION DE CANAL DE DESCOLE

Se llevaron a cabo y finalizaron de manera completa las obras correspondientes a los canales de descole en las torres número 12 y número 14. Estas estructuras cumplen una función esencial en la conducción y control eficiente de aguas superficiales, contribuyendo a la estabilidad de los taludes y protección de las cimentaciones de las torres.

La ejecución se realizó conforme a los planos y especificaciones técnicas aprobadas, garantizando la correcta alineación, pendiente y sección hidráulica para un adecuado flujo y evacuación del agua.

17. 1.16 CONSTRUCCION DE FILTROS FRANCESES

En la torre número 14, se realizó la instalación completa de los filtros franceses, ejecutando las excavaciones necesarias conforme a los diseños aprobados. Estos filtros fueron ubicados estratégicamente con una inclinación aproximada de 45 grados, para optimizar la recolección y conducción de las aguas superficiales captadas en los canales perimetrales.

El diseño con esta pendiente permite que el agua acumulada en los canales tenga un único punto de desagüe, facilitando su evacuación controlada hacia zonas seguras, donde no afecten de manera directa la estabilidad estructural ni la integridad de la torre.

Esta disposición hidráulica contribuye a la gestión eficiente del agua pluvial, minimizando riesgos de erosión y socavación en las inmediaciones de la estructura, garantizando la durabilidad y seguridad del sistema de soporte de la torre.



Ilustración 58 Excavación, relleno y cubierta de filtro

En la torre número 12 se ejecutaron también los filtros franceses, cumpliendo con los dimensionamientos y especificaciones técnicas previamente establecidos.



Ilustración 59 Excavación filtros franceses torre 12



Ilustración 60 Ubicación de filtros franceses torre 12

Los filtros franceses deben ser excavados con una inclinación de 45 grados respecto a los canales perimetrales, siguiendo estrictamente las indicaciones establecidas en los planos técnicos aprobados por el supervisor del proyecto.

Una vez realizada la excavación, se procede a realizar un relleno con material granular no compactado, compuesto por grava triturada con tamaño aproximado de ½ pulgada. Este material actúa como medio filtrante, permitiendo la adecuada percolación y filtración del agua acumulada bajo el terreno, evitando así el ingreso de partículas finas que puedan obstruir el sistema.

Posteriormente, el relleno granular es envuelto en una manta de geotextil, cuyo propósito es mantener la integridad del filtro, separando el material granular del suelo circundante y evitando la migración de finos hacia el interior del filtro.

Finalmente, se procede al cierre y cobertura del filtro, garantizando que el sistema funcione conforme a las especificaciones técnicas, asegurando la eficiencia en la conducción y filtración de aguas pluviales. Todas estas indicaciones están detalladamente consignadas en los planos técnicos que fueron revisados y aprobados por la supervisión del proyecto, asegurando así el cumplimiento de los estándares de calidad y funcionalidad requeridos.

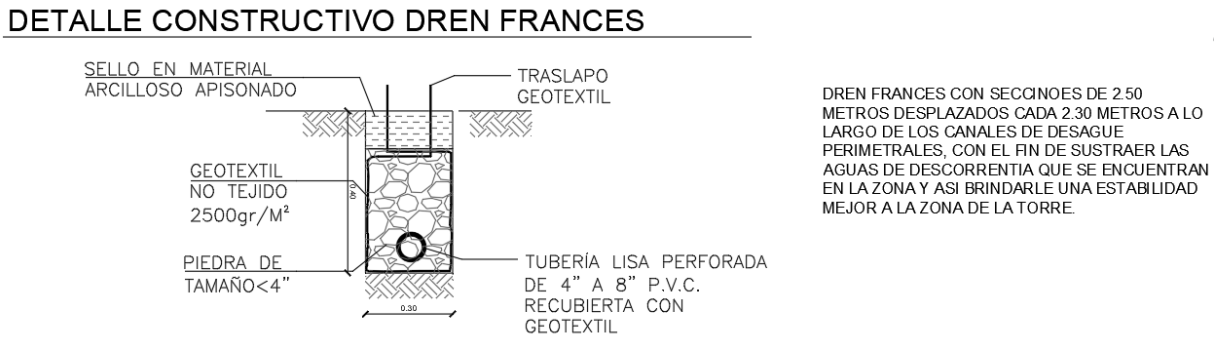


Ilustración 61 Detalle constructivo dren francés

18. 1.17 SUMINISTRO, TENDIDO, TENSADO Y FLECHADO DE CONDUCTOR ASCR 556,5 KCMIL, ENTRE LAS TORRES E12 Y E15

Para llevar a cabo el tendido, tensado y flechado del conductor tipo ASCR 556.6 KCMIL entre las torres E12 y E15, es requisito indispensable que el montaje de la torre número 13 esté completamente finalizado, ya que esta torre se encuentra actualmente en fase de desarrollo.

De forma paralela, se gestionó y ejecutó la orden de compra del conductor con la empresa FACELEC S.A.S., identificada con NIT No. 800.163.515-2. El pago total por el suministro

del conductor fue completado oportunamente, garantizando la disponibilidad del material para las siguientes fases del proyecto.

El conductor ya se encuentra físicamente en el sitio de trabajo, específicamente en la zona de la torre número 15, donde fue descargado utilizando maquinaria amarilla especializada. Durante este proceso, se tomaron todas las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes laborales y prevenir daños al conductor, asegurando la integridad del material y la seguridad del personal.



Ilustración 62 Descargue de conductor



Ilustración 63 Descargue mecánico de conductor en sitio



Ilustración 64 Conductor descargado y asegurado en sitio

19. 1.18 ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑOS ESTRUCTURALES PARA MICROPILOTAJE Y REFUEZO DE LAS TORRES E9, E12, E13 Y E14

Los estudios previos de suelos y de geotecnia fueron realizados por la empresa GEODE S.A.S. con NIT 901.227.738 bajo las directrices del geólogo Felipe Suarez los cuales fueron entregados con anterioridad y aprobados para su ejecución por parte del supervisor del contrato, se anexan copias de los informes ya presentados y de la planimetría geotécnica mencionada.

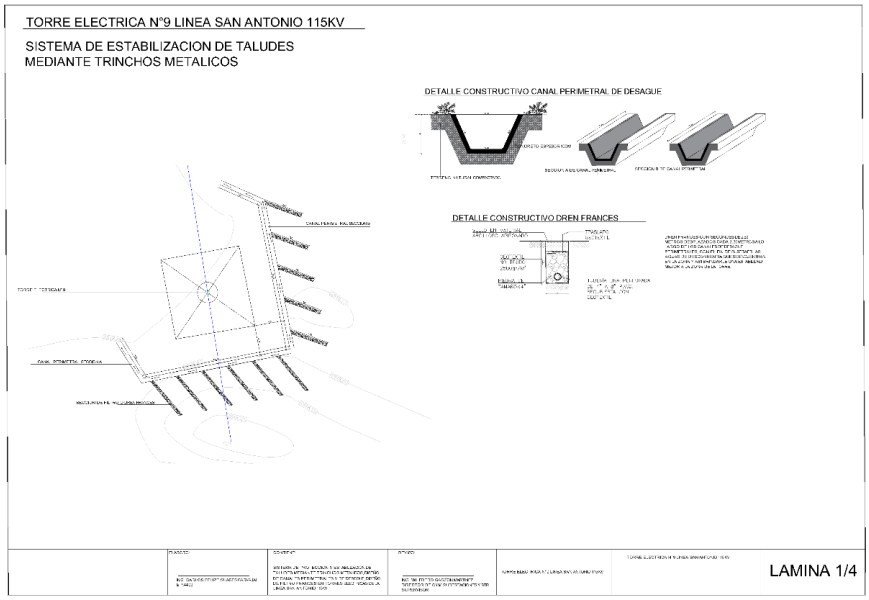


Ilustración 65 Plano geotécnico torre 09

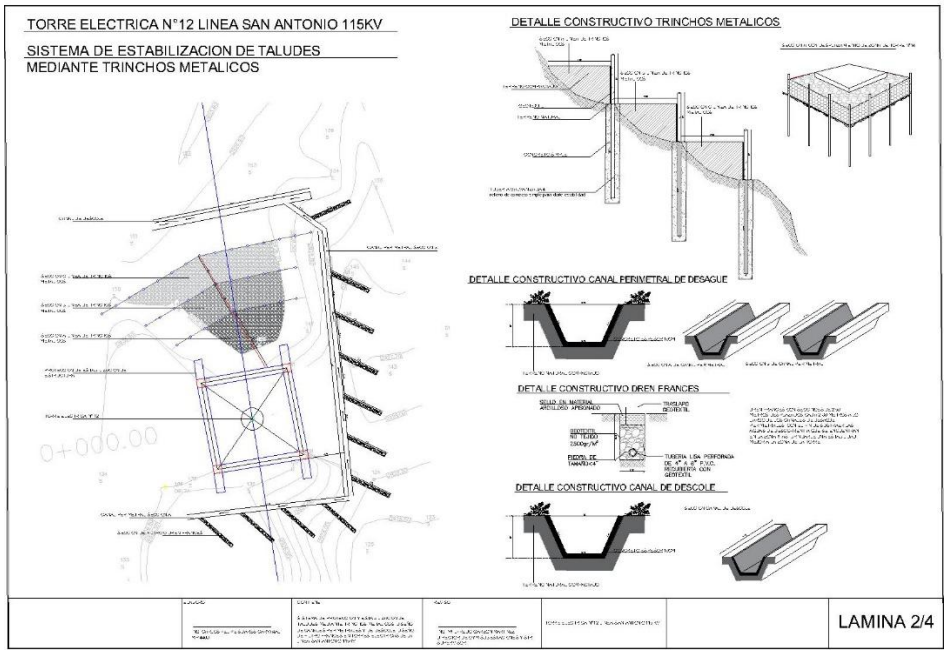


Ilustración 66 Plano geotécnico torre 12

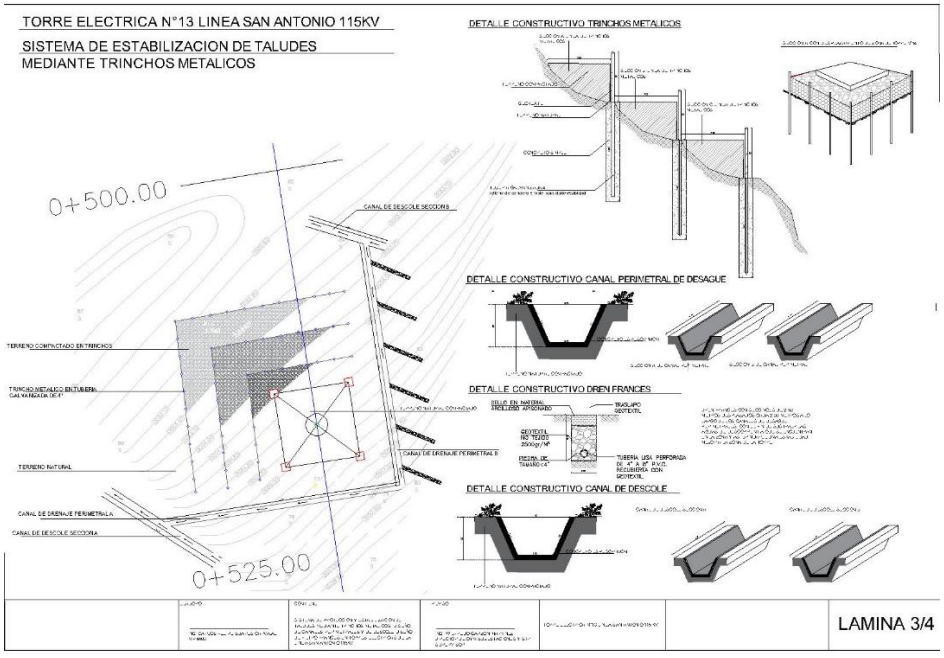


Ilustración 67 Geotecnia torre 13

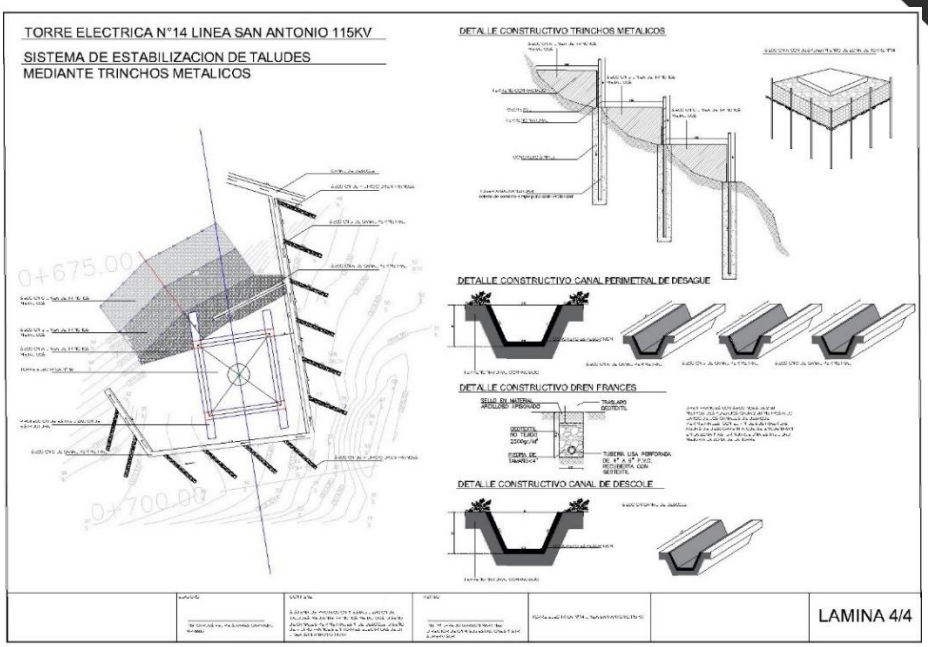


Ilustración 68 Geotecnia torre 14

TOPOGRAFÍA

El levantamiento topográfico se generó bajo las directrices del **topógrafo Diego Alexander Becerra Martínez** el cual genero su respectivo informe que también fue entregado y se anexara al presente informe.

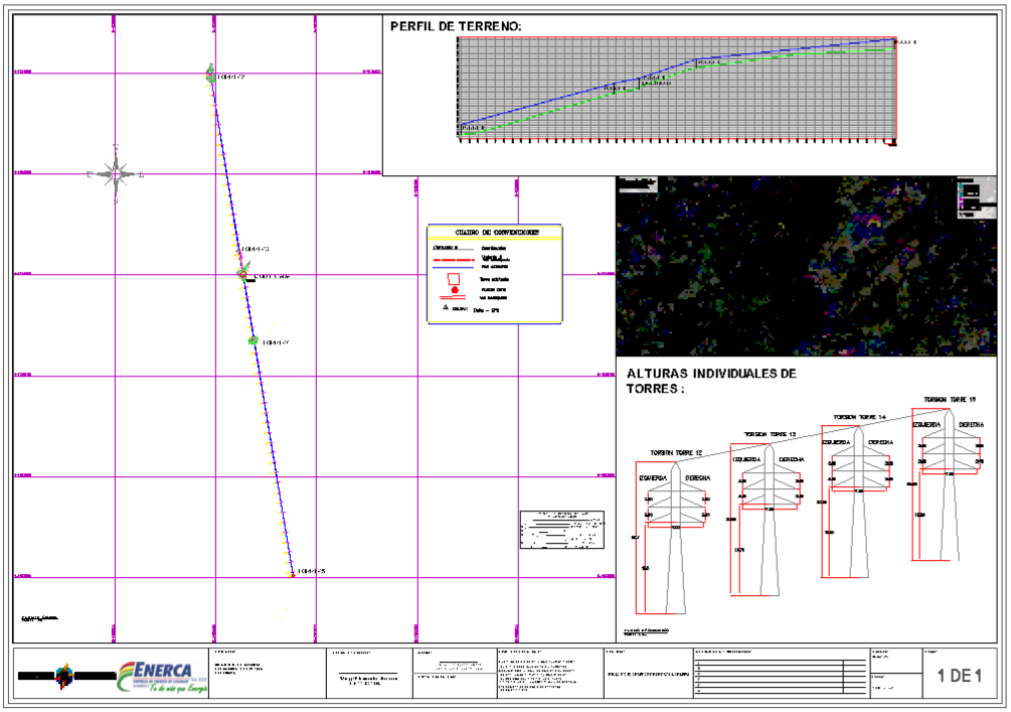


Ilustración 69 Lamina topográfica

PERFIL DE TERRENO:

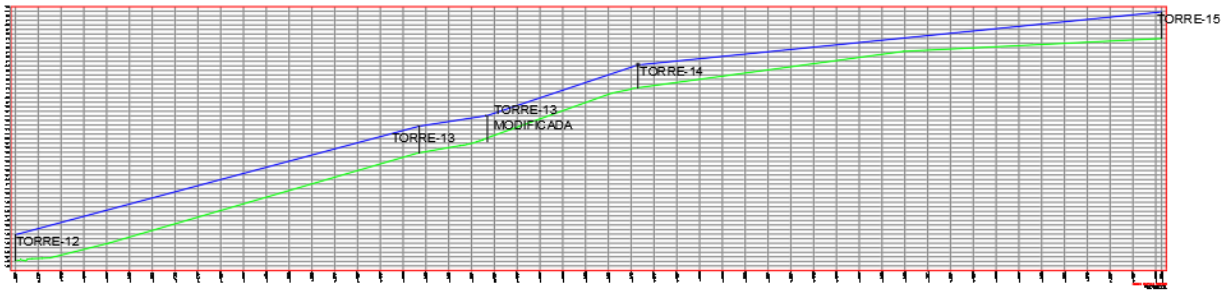


Ilustración 70 Sección de perfil

ESTUDIO ESTRUCTURAL

los estudios estructurales y los diseños de cimentaciones correspondientes fueron realizados por el **ingeniero Francisco José Cogollo Arismendi**, profesional debidamente facultado y acreditado para la elaboración de diseños estructurales.

los documentos elaborados por el ingeniero incluyen las **memorias de cálculo completas** y el respectivo **juego de planos estructurales**, que detallan las actividades técnicas a realizar conforme a los requerimientos del proyecto. estos entregables han sido presentados y aprobados conforme a los estándares de calidad y normativas vigentes, sirviendo como base técnica para la ejecución de las obras de cimentación y soporte estructural de las torres involucradas.

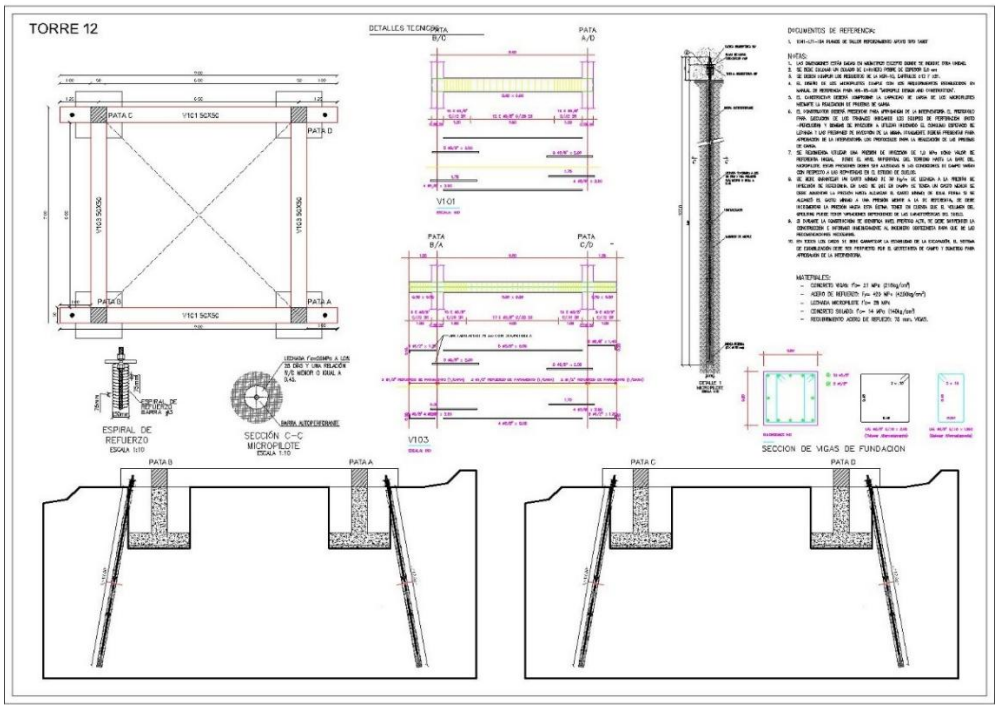


Ilustración 71 Estructura torre 12

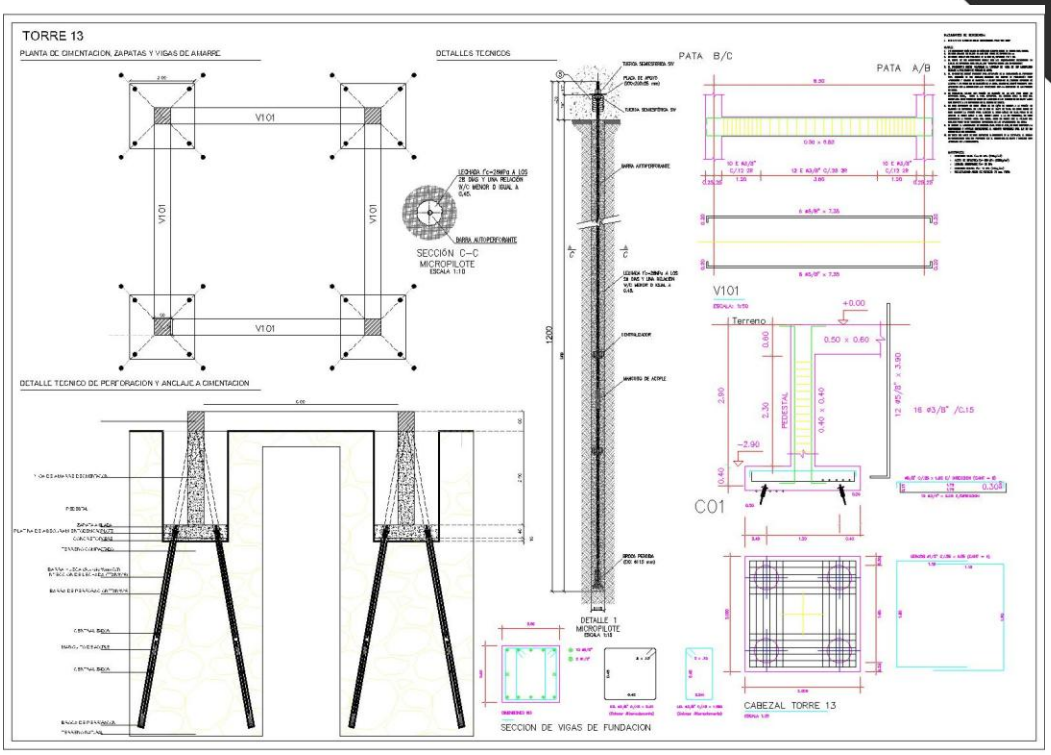


Ilustración 72 Estructura torre 13

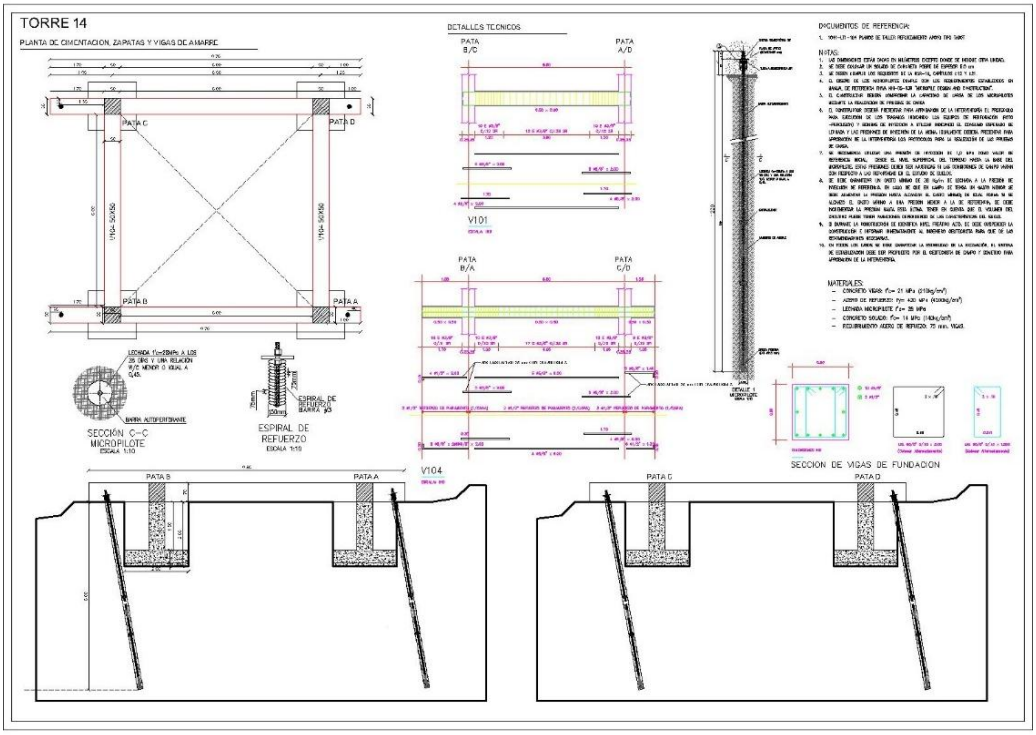


Ilustración 73 Estructura torre 14

20. 1.19 COMISIÓN DE TOPOGRAFIA

Se realizó el levantamiento topográfico mediante georreferenciación con equipos especializados, lo que permitió ubicar con precisión los puntos de implantación de las torres. Durante este proceso, se identificó la necesidad de reubicar la torre número 13, ya que se evidenció un desfase de 4,59 metros respecto al eje de línea proyectado. Este hallazgo confirma la necesidad de reemplazar dicha torre y reorientar el eje de la línea, con el fin de garantizar la estabilidad estructural y prevenir posibles afectaciones futuras.



Ilustración 75 Levantamiento topográfico



Ilustración 74 Torre de referencia

21. CONTEXTO SOCIAL

Se llevaron a cabo las socializaciones con la comunidad del sector de manera previa a la intervención del proyecto, con el fin de brindar información detallada sobre las actividades a ejecutar y generar espacios de concertación con los propietarios de los terrenos donde se encuentran ubicadas las torres. Como resultado de estas reuniones, se levantaron las correspondientes actas de compromiso y asistencia, las cuales se anexan al presente informe.



Ilustración 76 Socialización de proyecto con comunidad



Ilustración 77 SOCIALIZACION DE PROYECTO

22. CONCLUSIONES

Se ha concluido satisfactoriamente la ejecución de las actividades correspondientes a las torres números 12, 13 y 14, en cumplimiento de los objetivos establecidos en los cronogramas de obra.

En la torre número 13 se completaron las siguientes actividades de Fundición de los cimientos, Instalación de los stubs de recepción de torre, Disposición de los sistemas de puesta a tierra (SPT) primarios en cada una de las patas de la estructura y Montaje electromecánico de la torre. Estas acciones garantizan la estabilidad estructural y la protección eléctrica de la instalación, de acuerdo con la normativa técnica vigente.

Actualmente, los trabajos se concentran en la etapa final de tensado y flechado de los conductores, proceso que permitirá la conclusión del montaje integral de la línea en el tramo intervenido.

El avance general del proyecto alcanza un 86,77%, reflejando un progreso significativo frente a la planificación prevista y confirmando la culminación de la fase estructural en las torres señaladas.

OBRAS FINALIZADAS



Ilustración 78 Torre 14 finalizada



Ilustración 79 Torre 14 finalizada



Ilustración 80 Torre 12 finalizada



Ilustración 81 Torre 12 finalizada

REALIZÓ

INGENIERO RESIDENTE



LUIS FERNANDO HERNANDEZ RODRIGUEZ
C.C. 1.099.204.566
MP CN205-95040
INGENIERO ELECTRICISTA

REVISÓ



FELIPE ALBERTO CALIXTO T.
DIRECTOR AREA TECNICA CONSORCIO 115 SAN ANTONIO