ESPECIFICACION TECNICA

PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DE LAS SUBREGIONES SURORIENTAL Y SUROCCIDENTAL DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

ACTIVIDAD: CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA JUEGO DE (2) MODULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

PROCESO CONSTRUCTIVO; DESCRIPCION CON SUS RESPECTIVOS MATERIALES, EQUIPOS y HERRAMIENTAS

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

1. Cuadrilla, equipo y rendimientos

1.1 Composición de la cuadrilla

Frente	Composición	Observación
Cimentación	1 oficial + 2 ayudantes	Ejecuta replanteo, control de suelo, excavación, armado, plantilla y vaciado.
Montaje	1 oficial + 1 ayudante	Ejecuta el segundo recorrido: mástil, parrilla, módulos, puesta a tierra y verificación final.
Supervisión	1 residente por frente	Verifica y firma los puntos de control. Puede atender varias cuadrillas del mismo municipio.

1.2 Equipo y herramienta

Excavación	Ahoyador manual, barra, pala, palín, balde y cuerda de extracción, escalera.
Concreto	Mezcladora de un saco o batea de mezclado, carretilla, vibrador de aguja o varilla de chuzado, baldes, moldes cilíndricos para muestras.
Armado	Cizalla, dobladora manual, alambre de amarre, separadores plásticos, plantilla metálica de pernos de anclaje.
Montaje	Trípode o pluma manual para izado, nivel de burbuja, plomada, torquímetro de 0 a 250 N·m, juego de llaves, llave de copa para M20.
Verificación	Penetrómetro de bolsillo, flexómetro de 5 m, clinómetro, brújula o aplicación de orientación, telurómetro, medidor de espesor de recubrimiento, cámara fotográfica con fecha.

Seguridad	Elementos de protección personal, señalización de excavación abierta, entibado ligero, botiquín y medio de comunicación.

1.3 Rendimientos estimados

Los rendimientos que se relacionan son estimaciones para programación y deben ajustarse con la medición de las primeras diez unidades ejecutadas. Corresponden a suelo residual de consistencia media a firme, acceso vehicular hasta 300 m del punto y jornada de ocho horas.

Actividad	Rendimiento	Condicionantes
Replanteo y control de suelo	0,5 h por unidad	Incluye el apique de 1,00 m y las lecturas de penetrómetro.
Excavación manual Ø 0,60 × 1,65 m	5,0 h por unidad	Se duplica en suelo con bloques o en presencia de raíces. En roca somera aplica suspensión.
Armado, plantilla y colocación	1,5 h por unidad	La canasta se prearma en el sitio de acopio del municipio.
Vaciado y toma de muestras	2,0 h por unidad	Mezcla en sitio. Aumenta si el acarreo de agua supera 100 m.
Montaje de mástil y parrilla	2,5 h por unidad	Segundo recorrido, después de siete días de curado.
Módulos, puesta a tierra y cierre	1,5 h por unidad	Incluye medición de resistencia y registro fotográfico.
Ciclo de cimentación	1 unidad por cuadrilla-día	Suma de las cuatro primeras actividades.
Ciclo de montaje	2 unidades por cuadrilla-día	Suma de las dos últimas actividades.

Consecuencia para la programación. La solución apernada permite separar los dos ciclos: la cuadrilla de cimentación avanza continuamente y la de montaje la sigue con siete días de desfase. No se requiere que la misma cuadrilla permanezca en el punto durante el fraguado, ni izar y arriostrar el mástil durante el vaciado. Ese desacople es la principal ventaja constructiva del diseño y debe reflejarse en el cronograma.

2. Descripción de la solución

La estructura está conformada por un mástil vertical en tubo Ø 4" cédula 40 de 3,00 m, apoyado sobre una placa base de 320 × 320 × 16 mm apernada con cuatro pernos M20 a la cabeza de un pilote perforado de Ø 0,60 m, con 1,60 m de empotramiento y collarín de 0,25

m sobre el terreno. En la cabeza del mástil, una placa con cartelas y una abrazadera en U regulable reciben la viga transversal de Ø 2½" en doble voladizo; sobre ella, cuatro rieles de 60 × 40 × 2,0 mm soportan los dos módulos mediante ocho grapas de extremo.

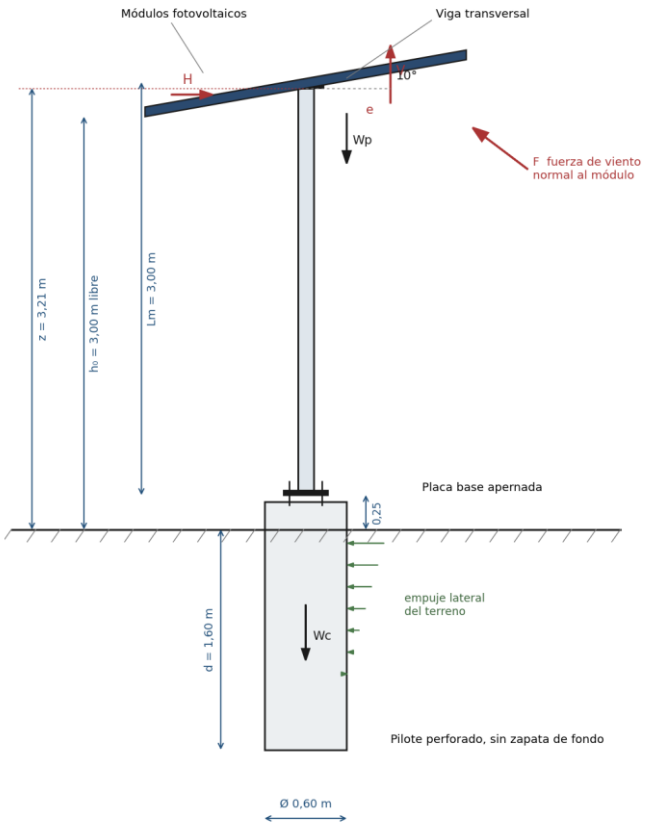


Figura 1. Elevación general acotada de la solución. Cotas en metros.

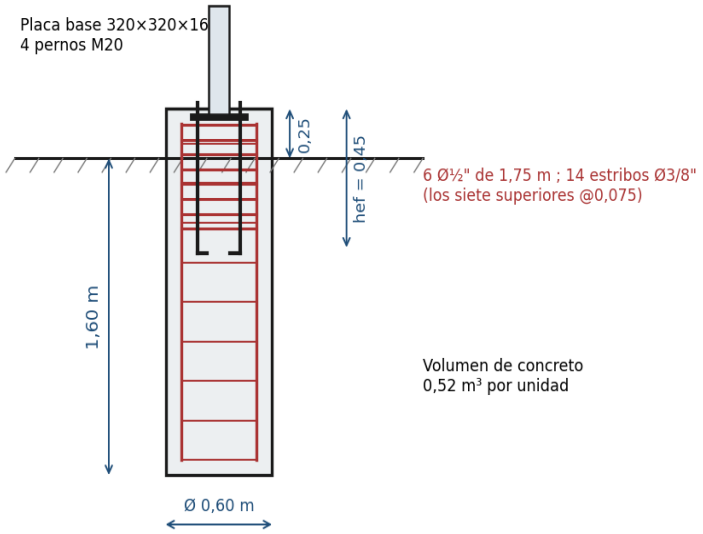


Figura 2. Cimentación adoptada. Pilote perforado de fuste recto, sin zapata de fondo.

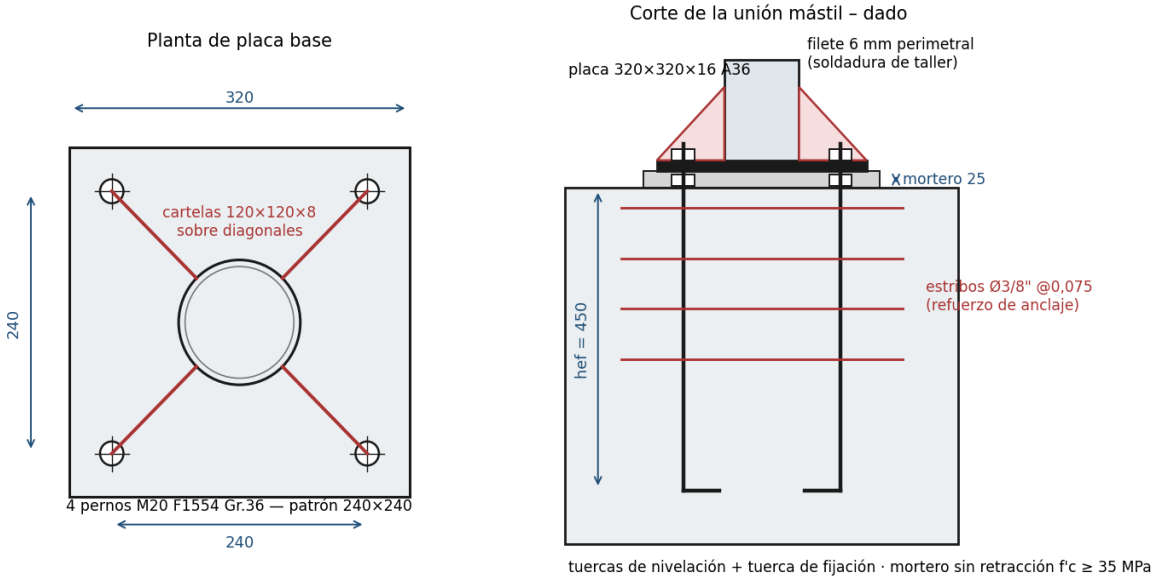


Figura 3. Detalle de la placa base y de los pernos de anclaje. Cotas en milímetros.

3. Procedimiento de ejecución

La ejecución se desarrolla en catorce actividades consecutivas. Ninguna actividad se inicia sin que el punto de control de la anterior se encuentre diligenciado y firmado por el residente. Las actividades 2 y 8 tienen carácter de detención: la ejecución no continúa hasta que su criterio se satisfaga.

3.1 Replanteo del punto

Se localiza el punto de implantación en concertación con el usuario beneficiario, en terreno de ladera y fuera de la sombra proyectada por árboles, edificaciones o taludes durante la trayectoria solar del día.

Se mide la pendiente del terreno con clinómetro y se consigna en el acta de replanteo. Se verifica que el punto no quede sobre cresta, cuchilla ni borde de escarpe. Si la ubicación propuesta por el usuario se encuentra en cualquiera de esas posiciones, el punto se reubica entre 20 y 30 m ladera abajo, y la reubicación se concierta y se deja consignada.

Se marca el eje con estaca y pintura, y se referencia con dos testigos fuera del área de excavación para poder restituirlo tras el retiro del material.

Criterio de aceptación. El punto no se localiza sobre cresta, cuchilla ni borde de escarpe. Esta es la condición esencial de validez del diseño: el factor topográfico adoptado corresponde a implantación en ladera, y sobre cresta las solicitaciones se incrementan cerca de un 27 %. Su incumplimiento invalida el diseño para el punto afectado con independencia de que se satisfagan todas las demás condiciones.

Registro. Acta de replanteo con pendiente medida, coordenadas aproximadas y visto bueno del usuario.

3.2 Excavación

Se excava un pozo cilíndrico de Ø 0,60 m con ahoyador manual y barra, hasta 1,65 m de profundidad medidos desde el nivel de terreno natural, de los cuales 0,05 m corresponden al sello de concreto pobre.

El fuste es recto en toda su longitud. No se ensancha el fondo ni se conforma campana: la cimentación no lleva zapata y su resistencia proviene del empuje lateral del terreno sobre la longitud embebida.

Si la pared pierde consistencia por lluvia o por la naturaleza del material, se encamisa con lámina o con tubería de PVC perdida. La excavación permanece abierta el menor tiempo posible y se protege con plástico ante amenaza de lluvia.

Criterio de aceptación. Profundidad de empotramiento no inferior a 1,60 m, con tolerancia de 0 a +0,10 m, verificada con flexómetro en presencia del residente. Nunca menos; si se excede la tolerancia superior, el exceso se compensa con el mismo concreto de la cimentación y no con material de relleno. Diámetro no inferior a 0,58 m. Paredes estables o encamisadas.

Registro. Registro fotográfico de la excavación con el flexómetro apoyado en el fondo, de modo que la lectura sea legible.

3.3 Manejo de aguas

Antes de continuar se conforma una cuneta perimetral de desvío aguas arriba del punto, con descarga a terreno natural estable y alejada del sitio de excavación.

Si aparece agua de infiltración, se achica antes del vaciado. Si el aporte es continuo y no se logra mantener el fondo seco, aplica la suspensión del numeral 12.

Criterio de aceptación. Fondo de la excavación libre de agua al momento del vaciado y cuneta de desvío ejecutada y funcional.

Registro. Registro fotográfico de la cuneta y del fondo seco.

3.4 Sello y armado

Se vacía el sello de concreto pobre de 0,05 m de espesor sobre el fondo de la excavación, y se enrasa.

Se introduce la canasta de refuerzo, prearmada en el sitio de acopio: seis barras N.º 4 de 1,75 m dispuestas en círculo de Ø 0,42 m y catorce estribos N.º 3, de los cuales los siete superiores se colocan cada 0,075 m y los siete restantes cada 0,20 m.

Se colocan separadores plásticos en la parte superior e inferior de la canasta, de modo que el recubrimiento libre de 75 mm se mantenga en todo el perímetro.

Criterio de aceptación. Recubrimiento libre de 75 mm verificado en cuatro puntos del perímetro, en la parte superior y en la inferior. La separación de 0,075 m entre los siete estribos superiores no admite tolerancia por defecto: esos estribos son el refuerzo de anclaje que permite que el diseño de los pernos quede gobernado por la resistencia del acero y no por el arrancamiento del concreto.

Registro. Lista de chequeo del armado, con la separación de estribos verificada.

3.5 Colocación de la plantilla de pernos de anclaje

Se montan los cuatro pernos M20 en la plantilla metálica de 320 × 320 mm, con el patrón de 240 × 240 mm entre ejes, y se fijan con las tuercas de posicionamiento.

El conjunto se amarra a la canasta de refuerzo, con el gancho de cada perno orientado hacia el exterior de la canasta. Se verifica el nivel de la plantilla en dos direcciones ortogonales, su aplomo y la cota de la cara superior de los pernos.

Se comprueba que la longitud embebida efectiva sea de 450 mm medidos desde la cara superior del collarín terminado.

Criterio de aceptación. Plantilla nivelada dentro de ±2 mm en 320 mm y aplomada. Desviación máxima del patrón de pernos de ±3 mm en cada dirección. Cota de la cara superior de los pernos dentro de ±5 mm de la prevista. Sin plantilla no se autoriza el vaciado: la tolerancia de posición no se controla de otra forma y las placas base no calzan.

Registro. Lista de chequeo con la cota y la verificación del patrón.

3.6 Vaciado

Se emplea el concreto de la resistencia que corresponda al sector, conforme al numeral 5. La mezcla se coloca en capas no superiores a 0,30 m, cada una vibrada con aguja o chuzada con varilla, sin desplazar la canasta ni la plantilla.

Se conforma el collarín de 0,25 m sobre el terreno con pendiente de evacuación hacia el exterior y chaflán perimetral.

Se toma el juego de cilindros conforme al numeral 10.1 y se rotula con frente, fecha, resistencia especificada e identificación de las unidades que representa.

Criterio de aceptación. Ausencia de segregación y de hormigueros visibles en el collarín. Cota de la cara superior del collarín dentro de ±10 mm. Cilindros tomados, rotulados y protegidos.

Registro. Remisión del concreto o registro de dosificación en sitio, y rótulo de los cilindros.

3.7 Curado y retiro de la plantilla — actividad de detención

El concreto se cura por humedecimiento o por membrana durante siete días como mínimo, y se protege del sol directo y de la lluvia intensa durante las primeras veinticuatro horas.

Transcurrido el fraguado inicial se retira la plantilla metálica, se limpia la rosca de los pernos y se protege con grasa hasta el montaje.

Se anota en bitácora la fecha de vaciado y la fecha en que el punto queda habilitado para montaje.

Criterio de aceptación. Siete días cumplidos entre el vaciado y el montaje del mástil. El plazo no se anticipa por presión de cronograma ni por resultado favorable del cilindro de siete días.

Registro. Bitácora con fecha de vaciado y fecha de habilitación.

3.8 Montaje del mástil

Se disponen las tuercas de nivelación sobre los cuatro pernos, a la cota prevista, y se apoya el mástil sobre ellas sin ajustar.

Se aploma en dos direcciones ortogonales con plomada o nivel, corrigiendo exclusivamente con las tuercas de nivelación.

Se colocan las arandelas y las tuercas de fijación y se aprietan con torquímetro, en secuencia cruzada y en dos pasadas: la primera al 50 % del torque y la segunda al valor final.

Criterio de aceptación. Aplomo verificado en dos direcciones antes del apriete, con desviación máxima de 1:200 respecto de la vertical. Torque de 200 N·m en los cuatro pernos, aplicado con torquímetro y registrado. No se admite apriete a criterio del operario.

Registro. Lista de chequeo con el aplomo verificado y el torque aplicado.

3.9 Mortero de nivelación

Una vez aplomado y apretado el conjunto, se vacía el mortero sin retracción en el espacio de 25 mm entre la placa base y la cara superior del collarín, asegurando el llenado completo sin vacíos.

Se conforma el chaflán perimetral de evacuación de agua.

Se aplica capuchón de grasa o mastic bituminoso sobre la rosca expuesta y sobre las tuercas.

Criterio de aceptación. Llenado completo verificado por rebose perimetral, chaflán conformado y rosca protegida. La interfaz mortero-placa-perno es el punto de corrosión más crítico del conjunto: un chaflán mal conformado empoza agua sobre la placa y compromete la vida útil de la conexión.

Registro. Registro fotográfico del chaflán terminado.

3.10 Montaje de la parrilla

Se monta la viga transversal de Ø 2½" sobre la abrazadera en U de la placa de cabeza, centrada respecto del eje del mástil, con doble voladizo de 1,30 m.

Se ajusta la inclinación a 10° empleando las perforaciones correspondientes de la abrazadera, y se verifica con clinómetro.

Se montan los cuatro rieles de 2,00 m en el sentido de la pendiente, a 0,030 m y 1,273 m del eje a cada lado, con doble voladizo de 1,00 m respecto de la viga transversal.

Se aprietan los cuatro pernos M12 de la abrazadera con torquímetro.

Criterio de aceptación. Inclinación de 10° con tolerancia de ±1°, verificada con clinómetro. Centrado de la viga dentro de ±10 mm. Posición de los rieles dentro de ±5 mm. Torque de 90 N·m en los pernos M12. La inclinación de 10° corresponde a la prescrita por el Proyecto Tipo del DNP para la latitud del área de influencia; el montaje en 15° o en 20°, posiciones que la abrazadera admite, incrementa el momento en la base y requiere autorización escrita del diseñador.

Registro. Lista de chequeo con inclinación y torque.

3.11 Montaje de los módulos

Se colocan los dos módulos en disposición vertical, lado a lado, sobre los cuatro rieles.

Se interpone la arandela aislante de nylon o EPDM en cada contacto entre el marco de aluminio del módulo y el acero galvanizado del riel. No se admite tornillería de acero al carbono en contacto con el aluminio.

Se aprietan las ocho grapas de extremo con torquímetro y se verifica la orientación del arreglo.

Criterio de aceptación. Grapas apretadas a 15 N·m. Arandela aislante verificada en cada uno de los dieciséis contactos aluminio-acero. Azimut 180°, sur geográfico, con tolerancia de ±10°. Módulos sin fisuras, rayones profundos ni deformación del marco.

Registro. Lista de chequeo con azimut, inclinación y verificación de arandelas.

3.12 Puesta a tierra

Se hinca el electrodo de cobre de 5/8" × 2,40 m en posición vertical, a una distancia entre 0,60 y 1,00 m del borde del collarín.

Se conecta equipotencialmente la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos con conductor de cobre desnudo N.º 6 AWG, mediante conector bimetálico certificado o soldadura exotérmica.

Se mide la resistencia de puesta a tierra con telurómetro y se registra el valor.

Criterio de aceptación. Resistencia medida no superior a 25 Ω. Si el valor se excede, se instala un segundo electrodo separado como mínimo el doble de su longitud, y se repite la medición. Electrodo con certificado de conformidad RETIE: sin certificado no se recibe la unidad.

Registro. Registro de medición de resistencia, con identificación del equipo empleado.

3.13 Verificación final y entrega

Se retocan con pintura rica en zinc todos los cortes, raspaduras y daños del galvanizado ocasionados por la manipulación, en dos manos y sobre superficie limpia y seca.

Se aplica el recubrimiento bituminoso sobre el collarín y sobre los 0,15 m inferiores del mástil.

Se verifica el aplomo definitivo del conjunto, se retira todo elemento provisional y se realiza el registro fotográfico general de la unidad terminada.

Se suscribe el acta de recibo con el residente, la interventoría y el usuario beneficiario.

Criterio de aceptación. Retoque completo del recubrimiento, aplomo definitivo dentro de 1:200, sitio limpio y sobrantes dispuestos conforme al numeral 13. Sin acta de recibo suscrita la unidad no se considera terminada para efectos de pago.

Registro. Acta de recibo y registro fotográfico del conjunto terminado.

4. Tolerancias de ejecución

Las tolerancias que se relacionan son las que gobiernan la aceptación de cada unidad. Cuando una tolerancia se expresa con signo, el valor sin signo no es admisible.

Concepto	Tolerancia	Verificación
Profundidad de empotramiento	0 / +0,10 m sobre 1,60 m	Flexómetro apoyado en el fondo, antes del sello.
Diámetro de la excavación	−0,02 / +0,05 m sobre 0,60 m	Flexómetro en dos direcciones.
Recubrimiento libre del refuerzo	−0 / +15 mm sobre 75 mm	Separadores y medición en cuatro puntos.
Separación de los estribos de anclaje	−0 / +10 mm sobre 0,075 m	Flexómetro sobre la canasta armada.
Patrón de pernos de anclaje	±3 mm en cada dirección	Plantilla metálica y verificación cruzada de diagonales.
Cota de la cara superior de los pernos	±5 mm	Nivel y flexómetro desde el collarín.
Cota del collarín	±10 mm sobre 0,25 m	Nivel de burbuja.
Aplomo del mástil	1:200	Plomada o nivel en dos direcciones ortogonales.
Inclinación del arreglo	±1° sobre 10°	Clinómetro sobre el plano del módulo.
Orientación del arreglo	±10° sobre azimut 180°	Brújula o aplicación de orientación.
Centrado de la viga transversal	±10 mm	Flexómetro desde el eje del mástil.
Posición de los rieles	±5 mm	Flexómetro desde el eje.
Torque de pernos de anclaje M20	200 N·m, −0 / +10 %	Torquímetro calibrado.
Torque de pernos M12 de la abrazadera	90 N·m, −0 / +10 %	Torquímetro calibrado.
Torque de grapas de módulo	15 N·m, −0 / +10 %	Torquímetro de precisión.
Resistencia de puesta a tierra	≤ 25 Ω	Telurómetro.

5. Control de calidad

5.1 Concreto

Se especifican dos resistencias según la cota del sitio, por lo que el control se lleva de manera independiente para cada una.

Frecuencia de muestreo	Un juego de tres cilindros por cada 10 unidades vaciadas o por cada jornada de vaciado, lo que ocurra primero, y como mínimo un juego por frente de trabajo y por resistencia especificada.
Ensayo	Un cilindro a 7 días como control de avance y dos a 28 días como control de aceptación, en laboratorio acreditado.
Criterio de aceptación	El promedio de tres ensayos consecutivos iguala o supera la resistencia especificada, y ningún ensayo individual queda más de 3,5 MPa por debajo de ella.
Incumplimiento	Se identifica el lote representado y se practican ensayos de núcleos extraídos sobre las unidades del lote. Si el resultado confirma el incumplimiento, la cimentación afectada se demuele y se reconstruye a costa del constructor.
Trazabilidad	Cada juego de cilindros se rotula con frente, fecha, resistencia especificada e identificación de las unidades que representa.

5.2 Recubrimiento galvanizado

Se verifica el espesor con medidor de recubrimiento en el 10 % de las piezas recibidas, con tres lecturas por pieza en mástil, viga y placa base. El promedio no debe ser inferior al espesor especificado según la cota del sector, y ninguna lectura individual inferior al 80 % de ese valor. Los daños de transporte y manipulación se reparan con pintura rica en zinc de mínimo 94 % de zinc en película seca, en dos manos, sobre superficie limpia y seca.

5.3 Apriete de tornillería

El torquímetro se verifica al inicio de cada frente y cada treinta unidades ejecutadas. El apriete de los pernos de anclaje se ejecuta en secuencia cruzada y en dos pasadas. La interventoría comprueba el torque en el 20 % de las unidades, aplicando el torquímetro sobre el perno ya apretado: la tuerca no debe girar.

5.4 Puesta a tierra

La medición se practica con telurómetro con certificado de calibración vigente, en condición de suelo no saturado. No se acepta la medición realizada inmediatamente después de una lluvia intensa, por cuanto arroja valores no representativos.

6. Condiciones que suspenden la ejecución

La presencia de cualquiera de las siguientes condiciones obliga a suspender la ejecución del punto, diligenciar un reporte de no conformidad y remitir el caso al profesional responsable del diseño. La ejecución se reanuda únicamente con instrucción escrita.

a) Resistencia del suelo inferior a 50 kPa.

b) Presencia de turba, de materia orgánica de espesor superior a 0,40 m o de relleno no controlado.

c) Nivel freático por encima del nivel de fundación, o aporte continuo de agua que impida mantener seco el fondo.

d) Roca somera que impida alcanzar la profundidad de empotramiento con medios manuales.

e) Imposibilidad de reubicar el punto fuera de cresta, cuchilla o borde de escarpe.

f) Arcilla de alta plasticidad con indicios de comportamiento expansivo.

g) Cota del sitio fuera del rango de 800 a 3.800 m s. n. m., o municipio distinto de los trece del área de influencia.

h) Requerimiento del usuario de soportar elementos adicionales sobre la estructura, tales como antenas, luminarias o gabinetes.

i) Suministro de materiales sin los certificados exigidos en el numeral 5.

7. Manejo ambiental

Manejo de aguas. Antes de iniciar la excavación se conforma una cuneta perimetral de desvío aguas arriba del punto, con descarga a terreno natural estable. La excavación se protege con plástico ante amenaza de lluvia y no se deja abierta de una jornada a otra sin señalización.

Material sobrante. La excavación se llena en su totalidad con el sello y el pilote, de modo que el material extraído —del orden de 0,47 m³ en banco y 0,58 m³ suelto por unidad— es sobrante en su totalidad. Se esparce y conforma en terreno de pendiente moderada dentro del predio, con el visto bueno del usuario, o se retira a sitio autorizado. En ningún caso se acumula sobre cauces, zanjas de drenaje o vías, ni se dispone en la ladera aguas abajo del punto.

Capa orgánica. La capa orgánica retirada se conserva por separado durante la ejecución y se repone en superficie al terminar la unidad, para favorecer la revegetalización natural del área intervenida.

Residuos. Los empaques de cemento, los retales de alambre y los envases de pintura y de mortero se recogen y se retiran del predio. No se lavan herramientas ni mezcladoras sobre cauces ni en las inmediaciones de nacimientos de agua.

8. Seguridad y salud en el trabajo

Además de lo dispuesto en el plan de seguridad y salud del contrato, se observan las siguientes medidas específicas de este procedimiento:

- **Excavaciones.** La excavación abierta se señaliza permanentemente y se cubre al finalizar la jornada. Ningún trabajador ingresa al pozo sin arnés y línea de vida atendida desde el exterior. La extracción del material se realiza con balde y cuerda, nunca lanzando material hacia arriba.
- **Izado del mástil.** El izado se realiza con trípode o pluma manual, con la carga controlada por dos personas y el área despejada. No se iza con viento fuerte ni con lluvia. La pieza más pesada del conjunto es de 62,9 kg y su manipulación manual requiere dos personas como mínimo.
- **Trabajo en altura.** El montaje de módulos y el retoque del recubrimiento en la parte superior de la estructura se ejecutan desde escalera asegurada o plataforma, con el personal certificado en trabajo en alturas cuando la actividad supere 1,50 m sobre el nivel del terreno.
- **Manipulación de materiales.** El manejo del cemento y del mortero se realiza con guantes impermeables y protección respiratoria. La aplicación de pintura rica en zinc y de recubrimiento bituminoso se ejecuta con protección respiratoria y en zona ventilada.
- **Frentes dispersos.** Ninguna cuadrilla trabaja en un punto sin medio de comunicación operativo y sin conocimiento previo de la ruta de evacuación y del centro asistencial más cercano. Se registra la ubicación diaria de cada cuadrilla en el frente.