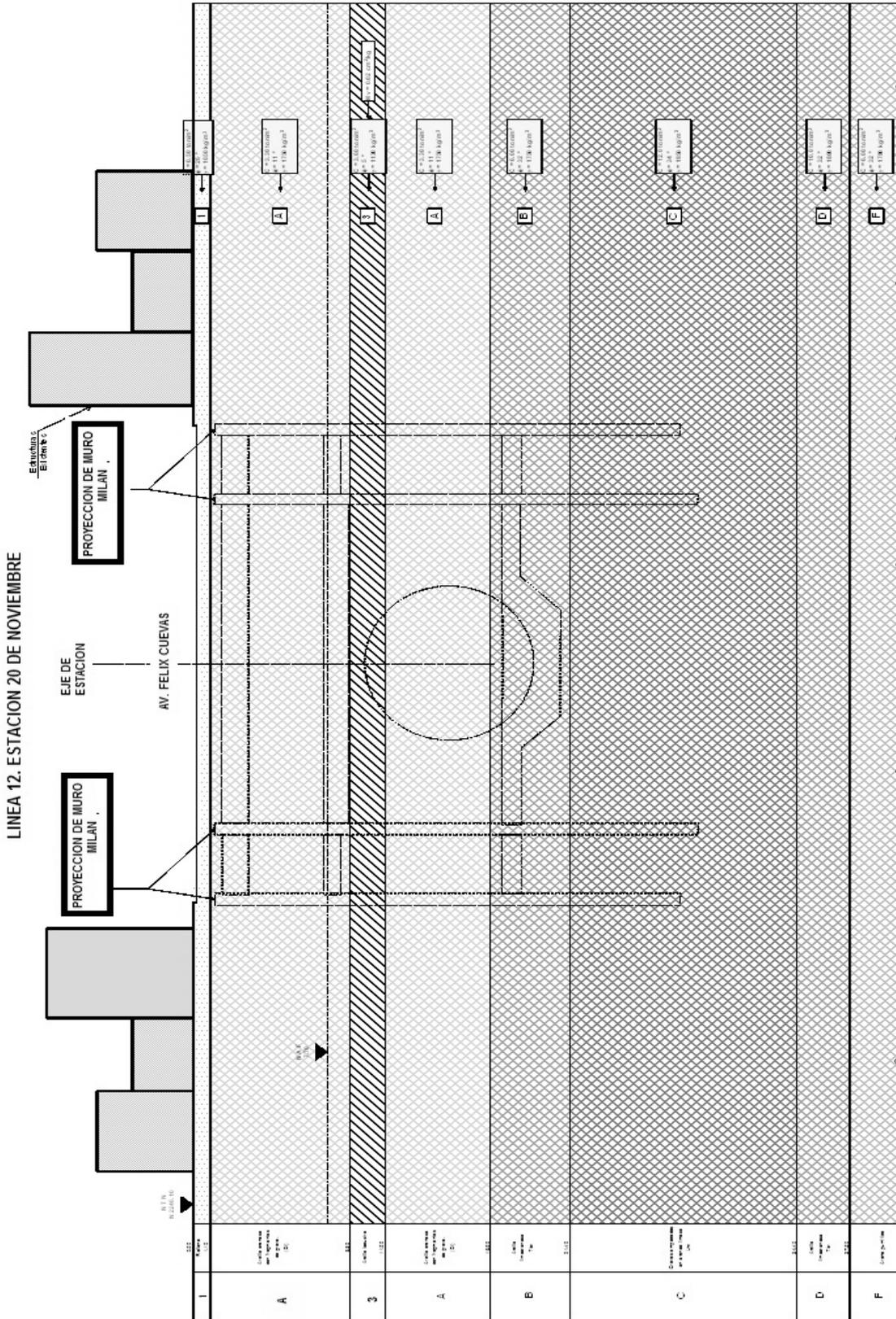


ANEXOS



Anexo 1 Condiciones estratigráficas y propiedades del subsuelo. LINEA 12 ESTACION 20 DE NOVIEMBRE

Anexo 2. Procedimiento constructivo del Muro Milán.

Proceso de construcción de muros Milán

La ejecución del muro colado in situ consta de las operaciones siguientes:

- a) Construcción de muro guía
- b) Excavación de tramo de zanja estabilizada con lodo
- c) Colocación de armaduras
- d) Juntas con tubos metálicos
- e) Vaciado del concreto con tubería tremie

A continuación se describen a detalle las operaciones antes mencionadas

a) Muros-guía (pre-trincheras) o brocales

Esta estructura tiene de 1 a 1.5 m de altura y un ancho ligeramente superior al del futuro muro y, por lo general es de concreto armado o acero. Tiene las siguientes funciones:

- Materializa la implantación, permite marcados y nivelaciones.
- Sirve de apoyo para las maniobras (tubo de junta, armaduras).
- Sirve de reserva de lodo al principio de la perforación.
- Asegura la estabilidad del suelo en la superficie.
- Sirve de guía a los equipos de excavación.
- Sirve de sustento cuando los suelos superficiales presenten problemas de estabilidad.

En la Figura A2.1 se presentan los detalles constructivos para el colado de brocales.

b) Excavación de tramos de zanja

Desde el inicio de la excavación debe inyectarse lodo para evitar la socavación de la boca de la trincheras. Al sacar la herramienta con suelo, debe evitarse la caída de detritus y dejar escurrir el lodo sobrante en la zanja. Otro aspecto importante durante la excavación de la trincheras es cuidar la verticalidad de la herramienta de excavación, evitando desviaciones o inclinaciones en la trincheras, garantizando la verticalidad del muro. No se debe dejar la trincheras totalmente excavada y estabilizada por mucho tiempo, no más de 24 hrs. antes de colar el muro.

Se utilizan diferentes equipos según los terrenos y las especificaciones: retroexcavadora, almeja con cable, almeja con kelly e hidrofresa. Los anchos varían de 0.50 m a 1.50 m pero los anchos usuales son de 0.60 a 0.80 m. Son comunes las profundidades de 35 m, un equipo kelly puede alcanzar los 65 m, y la hidrofresa 100 m. Se construyen generalmente paneles yuxtapuestos: primero de orden impar y luego de orden par. La dimensión de los paneles elementales varía de 2 a 20 m; comúnmente la longitud es de 5 a 6 m. Las formas más sencillas en trazado en planta son las mejores para la calidad del trabajo terminado.

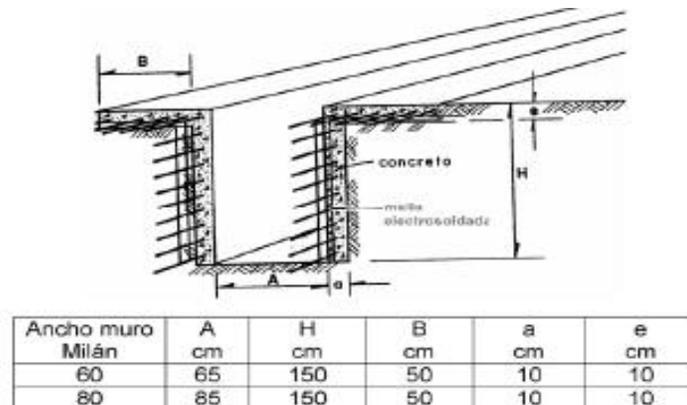


Figura A2.1. Colado de brocales

b.1) Selección del equipo

Dependiendo de la profundidad de las zanjas y de las características de los suelos se determina el equipo más adecuado para la excavación.

Retroexcavadoras: estos equipos son recomendables para zanjas de profundidad no mayor de 7 m, aunque existen máquinas de este tipo de mayor alcance. Presentan algunas ventajas con relación a otros equipos como su facilidad de movimiento, tránsito y posicionamiento, rapidez de operación y menor costo (Figura A2.2).

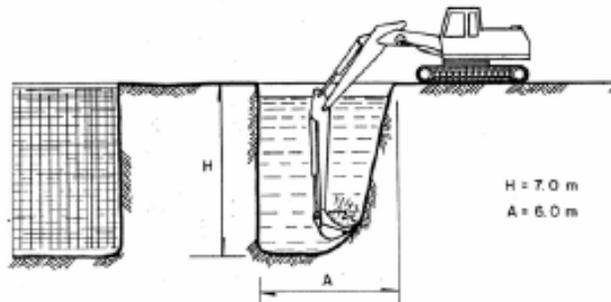


Figura A2.2. Excavación de zanjas con retroexcavadora.

Almejas libres auto-guiadas: Estos equipos fueron de los primeros que se desarrollaron con el objetivo específico de excavar zanjas profundas. Están integrados por dos quijadas operadas por medio de cables y un cuerpo metálico que le sirve de guía para mantener el alineamiento y la verticalidad durante la excavación; generalmente están montadas sobre dragas. Tienen la característica de que pueden alcanzar grandes profundidades ya que sólo dependen de la longitud de los cables que pueda manejar la grúa. El diseño racional de una excavación con almeja libre o auto-guiada debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Tipo de suelos por excavar
- Peso de la almeja, abertura de las quijadas, posición y tipo de los dientes de ataque, empleo de cables adecuados
- Libre paso del fluido empleado para estabilizar las paredes de la excavación a través de la almeja
- Longitud del cuerpo guía para garantizar la verticalidad y mecanismo de descarga y limpieza de las quijadas

En la Figura A2.3 se muestra un esquema de una almeja libre auto-guiada. Para su operación se requiere de brocales que le sirvan de guía.

Almeja hidráulica guiada: Esta máquina consta de una almeja operada hidráulicamente fijada a una barra metálica deslizante llamada kelly que sirve de guía control de la verticalidad del sistema. Se recomienda para excavación de zanjas en suelos duros en donde el peso del Kelly, el de la almeja y la capacidad de corte que le proporciona el equipo hidráulico a las quijadas, incrementan su eficiencia y velocidad de ataque. Estos equipos van montados sobre dragas de 45 o más toneladas de capacidad y pueden alcanzar profundidades del orden de los 30 m (Figura A2.4).

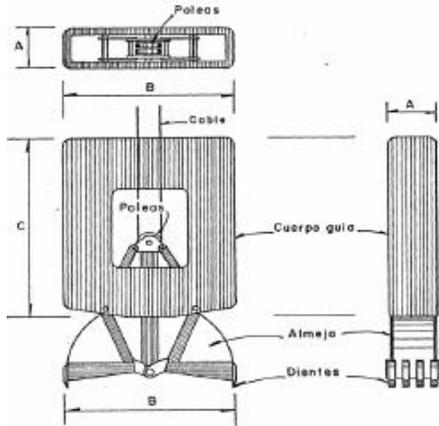


Figura A2.3. Almeja libre auto-guiada operada con cables

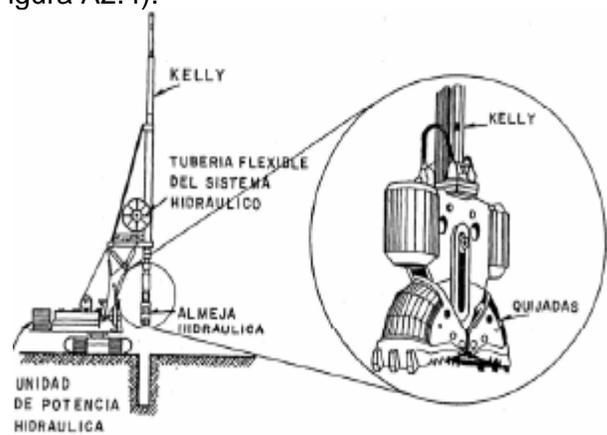


Figura A.2.4. Almeja hidráulica guiada

b.2) Esquema de un sistema de excavación

La excavación de un panel, por ejemplo de 6 m de longitud, se realiza como sigue: primero se excavan las porciones laterales y finalmente la central, con el propósito de lograr simetría y conservar la verticalidad. El tablero puede tener las siguientes características:

- Tablero independiente confinado por tubos junta, muros anterior y posterior no construidos.
- Tablero que liga, en ambos extremos hay muros construidos y tienen la edad mínima necesaria para soportar la maniobra de limpieza de sus juntas machihembradas.
- En uno de los extremos se tiene tubo junta y en el otro muro.

La manera más ordenada y eficiente de construir un muro Milán es como se indica en el esquema de la Figura A2.5. Consiste en una primera etapa de avance, la cual, se detiene cuando los muros iniciales alcanzan la edad mínima, en ese momento el equipo de excavación y colado retrocede para iniciar la segunda etapa de avance, que es la construcción de tableros intermedios.

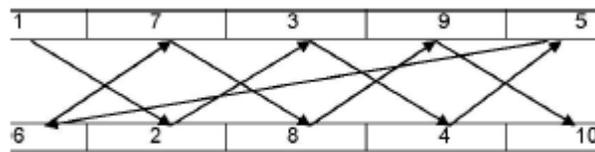


Figura A.2.5. Secuencia de avance de los muros Milán

c) Colocación de las armaduras

Los aceros especiales y verticales deben dejar entre sí un espacio libre de 10 a 15cm para el paso del concreto. Con la finalidad de garantizar una buena cobertura lateral, las armaduras deben tener un ancho inferior al de la pared en unos 10 cm. aproximadamente. Son necesarios centradores (rodillos o patines) y elementos de izado (asas, rigidizadores)

para manipular y posicionar la armadura. Una vez colocada la parrilla se debe amarrar al brocal por medio de unas orejas, para evitar su flotación durante el colado.

c.1) Maniobras de izaje

Esta maniobra es muy importante en el proceso de construcción de un muro Milán y debe realizarse tratando de evitar la deformación de la parrilla de acero. Debe contarse con un balancín como el que se muestra en la Figura A2.6a que sujete al armado en varios puntos a la vez. Con este aditamento, la parrilla será introducida en la zanja cuidando que no quede asentada en el fondo de ella, es decir, debe mantenerse suspendida en el nivel correcto. Para evitar el efecto de flotación del anclarse colocando barras transversales apoyadas en orejas de acero previamente colocadas en el brocal como se indica en la Figura A2.6b, que impidan el movimiento ascendente del armado.

c.2) Centrado del acero de refuerzo

Actualmente es muy generalizado el empleo de rodillos de concreto comúnmente llamados pollos fijos en ambos lechos del armado para centrarlo dentro de la excavación (Figura A2.7a). Esta técnica funciona adecuadamente cuando las paredes de la zanja son lo suficientemente resistentes para permitir que estos elementos giren sin hundirse. Para suelos muy blandos, no son recomendables, a menos que su longitud sea lo suficientemente grande para generar la capacidad de carga necesaria para no hundirse en la pared de la excavación. En caso contrario es recomendable el uso de centradores tubulares (patines) como los que se indican en la Figura A2.7b, hechos con perfiles PTR de 4" x 3". Se colocarán en la zanja apoyados en el brocal antes de proceder a instalar el armado y serán extraídos al momento de terminar el colado o antes si este se ha retrasado por algún imprevisto y ya se ha iniciado el fraguado del primer concreto vaciado. Terminada la excavación del primer tramo se introducen los tubos junta, de sección circular o trapecial, ligeramente inferior al ancho de la excavación

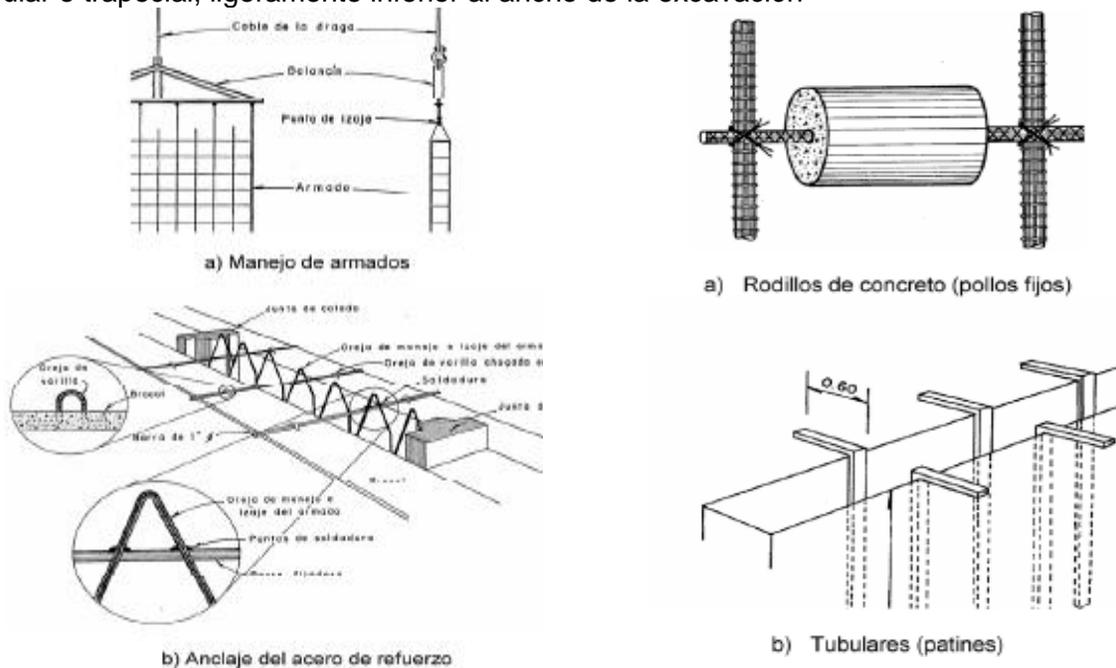


Figura A2.6. Detalle de la colocación de armaduras

Figura A2.7. Centradores

d) Vaciado del concreto (colado)

El concreto para un muro Milán no se vibra nunca. Se hace el colado con una tubería Tremie (columna de vaciado o trompa) bajo agua o lodo (Figura A2.8). La operación de vaciado no debe ser interrumpida: debe hacerse en una sola operación. El proceso se inicia con la introducción y armado de las líneas de tubería, de 8", 10" ó 12", según el ancho de la trinchera. El tubo debe llegar hasta 20 o 30 cm. arriba del fondo de la excavación, para vaciar la primera carga de concreto; antes de realizar el primer vaciado debe colocarse un tapón (pelota) en el interior del tubo para que sea empujado por el concreto, desaloje el lodo y sirva como seguro para evitar la penetración del lodo. A continuación se mencionan algunos puntos importantes de este procedimiento:

- El diámetro de la tubería debe ser entre 8" a 12" y su longitud de 3 m como máximo, Figura A2.9a. Debe ser lisa por dentro y por fuera para que el concreto fluya libremente y evitar que se atore con el armado.
- Las uniones entre los tramos deben ser herméticas; no se debe permitir que el lodo o agua penetre a través de ellas. Las cuerdas de cada tramo de tubería deben estar en perfecto estado para facilitar las maniobras de acoplado y desacoplado. Son recomendables las cuerdas de listón o trapezoidales. • Antes de iniciar el colado se coloca un tapón deslizante dentro de cada línea de colado que puede ser una pelota de vinilo, o de poliestireno, que impida la contaminación del concreto con el lodo o agua al inicio del colado (Fig. A2.9b).
- El extremo inferior de las líneas de colado debe permanecer ahogado en el concreto cuando menos 1.5 m.
- El concreto debe elaborarse con agregados de 19 mm como máximo y revenimiento de 18 ± 2 cm.
- El colado debe realizarse de manera continua evitando lapsos de espera prolongados que provoquen taponamientos en la tubería por el fraguado inicial del concreto.

e) Juntas

En la Figura A2.10 se observa un croquis de los elementos que comúnmente se emplean para moldear las juntas de los tableros del muro Milán, para lograr el machihembrado entre ellos. Son piezas generalmente metálicas que constan de un cuerpo tubular de sección rectangular, de ancho igual al muro Milán, que sirve de respaldo y rigidizador a la parte de la junta que deja una huella en el concreto del tablero. Esta parte es trapezoidal y en algunos casos tiene un pequeño canal para alojar una banda de PVC usada como sello entre tablero y tablero. Se aclara que estas juntas se emplean en tableros alternados. Se instalan inmediatamente después de terminar la excavación y antes de que se coloque el acero de refuerzo. Su extracción debe realizarse al concluir el colado; es importante determinar el momento en que es conveniente moverlas tomando en consideración el fraguado del concreto ya que pueden quedar atrapadas cuando el concreto se endurece o bien provocar que el concreto fluya hacia el hueco que deja la junta cuando se le levanta si aún no tiene la resistencia adecuada. Se recomienda obtener testigos de fraguado de cada olla que se vacíe y cuidar el tiempo en que presente su fraguado inicial. En este momento se podrá mover ligeramente la junta para despegarla, repitiendo esta operación hasta que el concreto tenga auto-soporte y sean retiradas las juntas.

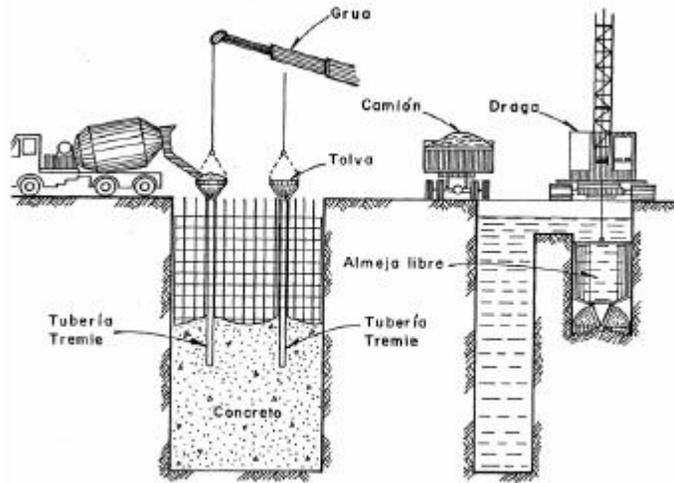


Figura A2.8. Secuencia de construcción de tableros para muros Milán

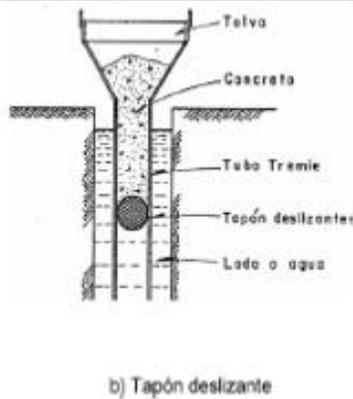
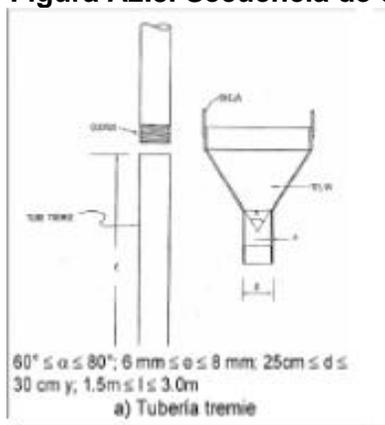
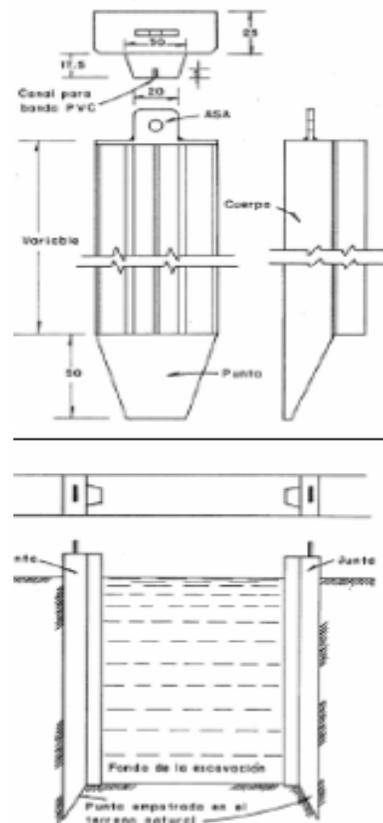


Figura A2.9 Detalles del colado



f) Controles

Durante las operaciones antes citadas, debe prestarse atención a los puntos siguientes:

- Excavación: nivel y calidad del lodo, verticalidad y espesor de la trinchera.
- Colocación de las armaduras: centrado y altura.
- Vaciado: calidad del concreto, volumen a cada nivel.
- Juntas: verticalidad y posición de los tubos–junta.
- Continuidad: encaje de los paneles primarios y secundarios.