

Subtema 2.3. Concreto

Una vez que se concluye la inmersión del acero de refuerzo dentro de la excavación, se procede a la colocación de tubería Tremie para posteriormente iniciar el colado del tablero.

Apartado 2.3.1. Tubería Tremie

La tubería Tremie consiste en tubos de acero de 10" de diámetro y con diferentes longitudes. Junto con los tubos se tienen algunos elementos que sirven para el correcto funcionamiento de la tubería. Estos elementos son:

- Tubos de diferentes longitudes. Tubos de acero de 10" de diámetro de 1.0, 2.0, 3.20 y 6.20 m de longitud. En la parte superior tiene cople hembra y en la parte inferior cople macho para conexión rápida.
- Tubo con boca de pescado. Este tubo tiene cople hembra en la parte superior como los otros tubos, pero en la parte inferior tiene salida dentada que facilita la salida de concreto.
- Campana. Se utiliza para el acoplamiento o desacoplamiento de cada uno de los tubos Tremie. Es un cople macho para el levante de los tubos.
- Cono o embudo. Este elemento se coloca en la parte superior de la tubería y en él se vierte el concreto directamente del camión revolvedor. En la parte inferior también cuenta con cople macho, para su acoplamiento con los demás tubos.
- Trampa. Este elemento sirve para apoyar la tubería Tremie durante su acoplamiento o desacoplamiento. Este, a su vez se apoya en la parte superior del armado, una vez que se ha colocado dentro de la excavación. Está fabricado a base de viga y placa de acero.
- Canastilla. Se utiliza para colocar todos los elementos de la tubería Tremie mientras no se utilizan en el proceso de colado.

Antes de iniciar la colocación de la tubería Tremie dentro de la excavación se debe realizar la modulación de la longitud de esta. Para esto se debe conocer la

profundidad exacta de la excavación. Con este dato se debe calcular una longitud de tubería tal que el límite inferior de esta quede entre 50 y 80 cm por encima del fondo de la excavación al iniciar la colocación del concreto. Es muy importante garantizar una distancia adecuada entre la tubería y el fondo de la excavación, ya que si esta distancia es pequeña, podría dificultarse la salida del concreto que se vierta dentro de la tubería, ocasionando un taponamiento; en caso contrario, si la tubería queda muy separada del fondo de la excavación, podría vaciarse de concreto y se contaminaría con el lodo bentonítico del tablero.

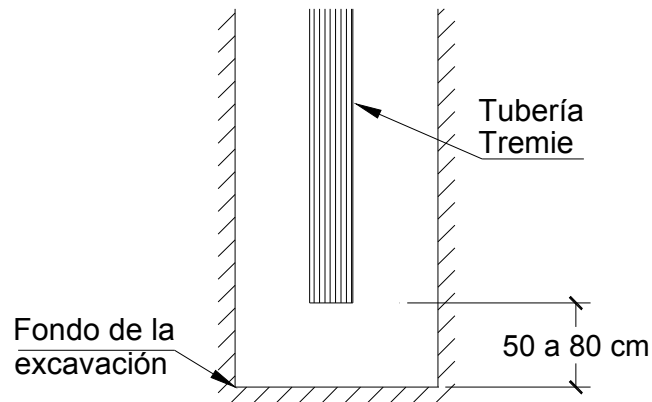


Figura 2.3.1.a. Separación de tubería Tremie con respecto al fondo de la excavación.

Con la modulación de la tubería se inicia la colocación de la tubería Tremie. Para este proceso, primeramente se coloca la trampa sobre el armado. Después, empleando la campana, se apoya el tubo con boca de pescado en la trampa. Se coloca el siguiente tubo (de acuerdo a la modulación diseñada) y se realiza el acoplamiento. El acoplamiento entre tubos consiste en la unión de los extremos hembra y macho; los coples que se tienen en los extremos de los tubos cuentan con una muesca en la que se introduce un cable de acero de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, con lo cual se logra una unión rápida y segura. Para evitar que el lodo bentonítico de ademe contamine la tubería durante el proceso de colado, cada una de las uniones se sella con cinta adhesiva extrafuerte para ductos.



Se coloca tubo con boca de pescado en trampa de tubería Tremie.



Se coloca cable de acero para acoplar campana con tubo Tremie.



Se coloca cinta adhesiva para sellar unión entre tubos.

Cuando se termina de colocar uno a uno los tubos de la modulación diseñada, y previo a la colocación del embudo o cono, se colocan tres pelotas de plástico dentro de la tubería Tremie, que en ese momento estará llena de lodo bentonítico. Las pelotas de plástico deberán estar infladas y tener un diámetro poco menor que 10", para poder bajar por la tubería. La función de las pelotas es la de separar el concreto del lodo de ademe para evitar su contaminación. Una vez colocadas las pelotas dentro de la tubería, se acopla el cono. Al tener la tubería completamente acoplada se deja de apoyar en la trampa y se suspende de la grúa.



Se colocan pelotas de plástico previo a la colocación del cono.

Fin de apartado 2.3.1. Tubería Tremie.

Durante la colocación de la tubería Tremie se inicia la preparación del concreto en la planta dosificadora. De acuerdo con el proyecto, el concreto que se utiliza para el colado del muro Milán debe tener las características siguientes:

- Concreto tipo estructural, con resistencia a la compresión simple $f'c$ en muestras cilíndricas, a los 28 días, de 350 kg/cm^2 . La relación máxima agua:cemento será de 0.45.
- Se usará cemento tipo CPC 40 RS y como mínimo 375 kg de cemento por m^3 de concreto.
- El diseño de la mezcla de concreto debe considerar que éste debe ser autocompactable, de que se coloca bajo lodo bentonítico, además debe tener un tiempo de espera suficiente con el cual se evite el fraguado inicial y la pérdida de revenimiento antes de la terminación del colado. La mezcla no se deberá segregar, no será pastosa y deberá ser homogénea.
- Los agregados deberán ser tales que el peso volumétrico para el concreto simple en estado fresco será superior a 2.2 t/m^3 .

- El módulo de elasticidad para el concreto será mayor o igual a 14000 raíz ($f'c$)
- El colado deberá realizarse antes de 48 horas transcurridas después de terminada la excavación y desarenado del tablero.
- No se aceptan juntas frías horizontales en un tablero, por lo que el vaciado de concreto de un tablero debe ser continuo.

Al terminar de realizar la carga de cada uno de los camiones revoladores se realiza la prueba de extensibilidad del concreto. Esta prueba se explica en el apartado 2.3.2. Laboratorio de Concreto. Se da inicio al vertido de concreto de los camiones revoladores al cono de la tubería Tremie. El concreto que se vierte dentro de la tubería Tremie va al fondo de la excavación y desplaza al lodo bentonítico de ademe, por lo que se prepara un tablero contiguo para que escurra el lodo desplazado. El gasto con el que escurra el lodo de ademe es igual al gasto con el que se vierte el concreto por la tubería Tremie. En caso de observar que no escurra lodo bentonítico por el borde del tablero, es posible que se presente un taponamiento en la tubería, por lo que se debe suspender el vaciado de concreto en el cono y realizar con la grúa un movimiento hacia arriba y hacia abajo en la tubería Tremie, con el objetivo de que todo el concreto que se encuentre dentro de la tubería, salga por la parte inferior.



Camión revolador tirando concreto en cono de tubería Tremie, el cual está suspendido de la grúa.

Durante el proceso del colado del tablero, el nivel de concreto dentro de la excavación asciende. Debido a esto, la salida de la tubería Tremie va a quedar sumergida dentro del concreto. La salida de la tubería Tremie debe estar sumergida dentro del concreto una distancia conveniente. Si esta distancia es muy grande, la salida del concreto se dificulta; y si es muy pequeña se corre el riesgo de vaciar la tubería de concreto y que se contamine de lodo bentonítico. Por esta razón, se retiran uno por uno los tubos colocados para garantizar una correcta distancia de tubería sumergida dentro del concreto. Una distancia de tubería conveniente para permanecer sumergida dentro del concreto es aproximadamente entre 8 y 15 m.

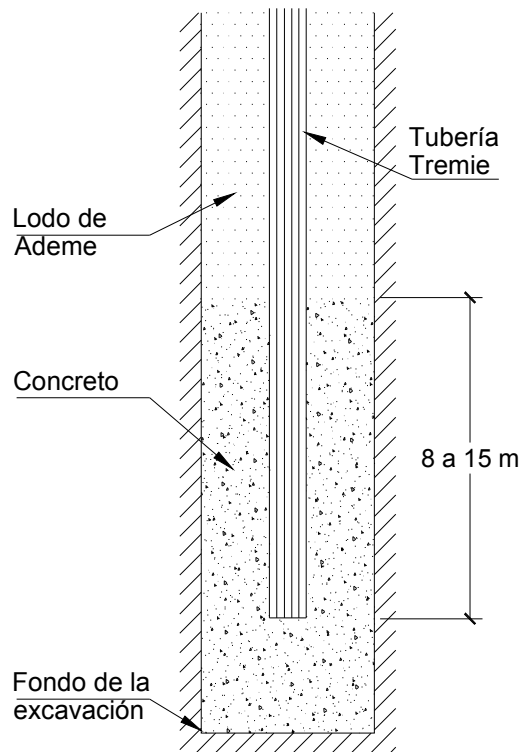


Fig. 2.3.1.b. Distancia conveniente de tubería sumergida dentro del concreto, durante el colado.

Para poder decidir en qué momento se debe retirar cada uno de los tubos de la tubería Tremie, durante el proceso de colado se debe llevar un registro en el que se muestre el volumen de concreto colocado, la columna de concreto calculada, la columna de concreto medida, la columna por llenar medida, la modulación de tubería Tremie colocada y la distancia de tubería sumergida dentro del concreto. Para conocer la columna de concreto medida se introduce una sonda (cable de

nylon de 1/2" de diámetro con una placa de acero de 5 kg aproximadamente en un extremo) dentro del tablero, la cual descenderá dentro del lodo de ademe y se apoyará sobre el nivel de concreto; se coloca una referencia al nivel del brocal, se saca la sonda y se mide esta distancia que será equivalente a la columna por llenar medida. La distancia de tubería sumergida dentro del concreto, es la diferencia de la tubería colocada y la columna por llenar medida. De esta manera se puede calcular y garantizar que la tubería sumergida sea conveniente.



Se mide columna por llenar con sonda.

Con este procedimiento se realiza la colocación de concreto dentro de la excavación: colocando concreto directamente de los camiones revolvedores a la tubería Tremie, sondeando la columna por llenar de concreto y retirando tubo por tubo la tubería Tremie.

Cuando se concluye la colocación de concreto en el tablero, se desacopla la tubería Tremie faltante y se acomoda en la canastilla. A continuación se realiza el retiro de concreto fresco hasta una profundidad de 2.0 m, ya que en este espacio, en la parte superior del muro Milán y una vez que se concluyan todos los tableros, se construirá un elemento que liga estructuralmente a estos, llamado Trabe de Coronamiento. En este mismo espacio se retiran los estribos del armado colocado, dejando únicamente el acero longitudinal.

Apartado 2.3.2. Laboratorio de Concreto

Las características que debe cumplir el concreto utilizado en el proceso de colado del muro Milán exigen un estricto control de calidad que se deberá verificar en obra. Entre las principales características que se deben atender en cuanto al concreto se encuentran la resistencia a compresión simple a los 28 días de edad, el que sea autocompactable y que se tenga un tiempo de espera para evitar el fraguado inicial durante la colocación del concreto. Para que se cumpla con estos requisitos, se realiza el diseño de la mezcla utilizando aditivos para mejorar las características del concreto. Con el uso de estos insumos se elabora el concreto y se verifica que cumpla con las características mencionadas. Para verificar la resistencia a compresión se obtienen muestras del concreto y se realizan ensayos destructivos a 7, 14 y 28 días de edad. El concreto debe ser autocompactable debido a que se coloca a una profundidad en la que no puede ser vibrado. Esta característica del concreto se verifica realizando una prueba de extensibilidad. Para realizar la prueba se requiere una base de policarbonato de 1.0 m x 1.0 m, un cono para revenimiento y una cuchara para manipular el concreto. Se coloca el cono en el centro de la base de policarbonato y se coloca concreto en estado fresco en el cono hasta enrazarlo. Se retira el cono y se deja que el concreto esté en reposo. La extensibilidad es la medida del diámetro del círculo formado de concreto. El concreto que se emplea en el colado de los tableros del muro Milán debe tener una extensibilidad promedio de entre 58 y 64 cm.

También se realizan pruebas para medir el peso volumétrico del concreto en estado fresco y comprobar que cumple con las especificaciones de proyecto.



Se realiza prueba de extensibilidad del concreto.



Se mide la extensibilidad de una muestra de concreto.



Muestra para ensayar y obtener resistencia del concreto.



Se obtienen cilindros de concreto para ser ensayados.