

Tema 1. Trabajos preliminares

En esta primera sección se expondrán los trabajos que es necesario realizar previo al inicio de la construcción de la lumbrera. Se tomará como materia prima el terreno especificado por parte de CONAGUA y el resultado de realizar los trabajos preliminares será el sitio adecuado para realizar labores de construcción de la Lumbrera 19.

Teniendo localizado el terreno designado se realiza un análisis de las posibles vías de acceso al lugar. Deberá considerarse en este análisis que durante todo el tiempo de la construcción será necesaria la entrada y salida de tránsito pesado a la obra. Para el caso de la L-19 no existe necesidad de crear un camino de acceso o estructura similar, ya que el predio se localiza a bordo de carretera. Con la ruta de acceso definida se hace llegar la maquinaria necesaria para realizar el despalme del terreno, retirando la capa de tierra vegetal y cargando el material producto del despalme en camiones volteos para su acarreo fuera de obra. Se procede a realizar el mejoramiento del terreno natural, colocando y compactando capas de tepetate de 20 cm de espesor. Este mejoramiento obedece a la necesidad de tener un terreno el cual resista el tránsito pesado constante sin que se presenten asentamientos importantes. Sobre este terreno mejorado se coloca una capa de 30 cm de espesor de tezontle de tamaño mediano (entre $\frac{3}{4}$ " y 4" de diámetro) para tener



Compactación de mejoramiento de terreno natural

una capa filtrante. El objetivo de este filtro de tezontle es evitar encharcamientos y mantener limpia el área de trabajo.

Simultáneamente con estos trabajos se realiza la colocación de la barda perimetral; esta se construye a base lámina Pintro de 2.20 m de altura. Se realizará la excavación de agujeros para alojar postes y se rellenarán con concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, para su fijación. En la parte superior de la barda se coloca una concertina con la cual se completa una altura de 2.70 m. En esta barda perimetral se deja un acceso principal el cual constará de 2 portones de 5.0 m de ancho cada uno.

Teniendo el terreno en estas condiciones se procede a realizar el mejoramiento del terreno en la zona de brocales.

Subtema 1.1. Mejoramiento del suelo en zona de brocales

Las principales maniobras que se realizarán durante la construcción del muro Milán tendrán lugar precisamente en la zona circundante al centro de la lumbrera. En estos trabajos participará maquinaria pesada y se llevarán a cabo maniobras en las cuales se levantarán elementos de peso importante. Por esta razón se realiza el mejoramiento del suelo en esta zona, llamada zona de brocales. Para iniciar los trabajos de mejoramiento en la zona de brocales se realiza la

excavación de un cilindro de 16.60 m de radio y 0.90 m de profundidad. El centro de esta zona se hace coincidir con el eje de la lumbrera. La profundidad del mejoramiento del suelo se referencia al nivel del brocal especificado en el proyecto ejecutivo. Teniendo la excavación concluida se procede a colocar grava controlada en



Compactación de capas de grava controlada en Zona de Brocales

capas de 25 cm de espesor hasta completar el volumen excavado. La compactación mínima de estas capas de grava controlada será del 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).

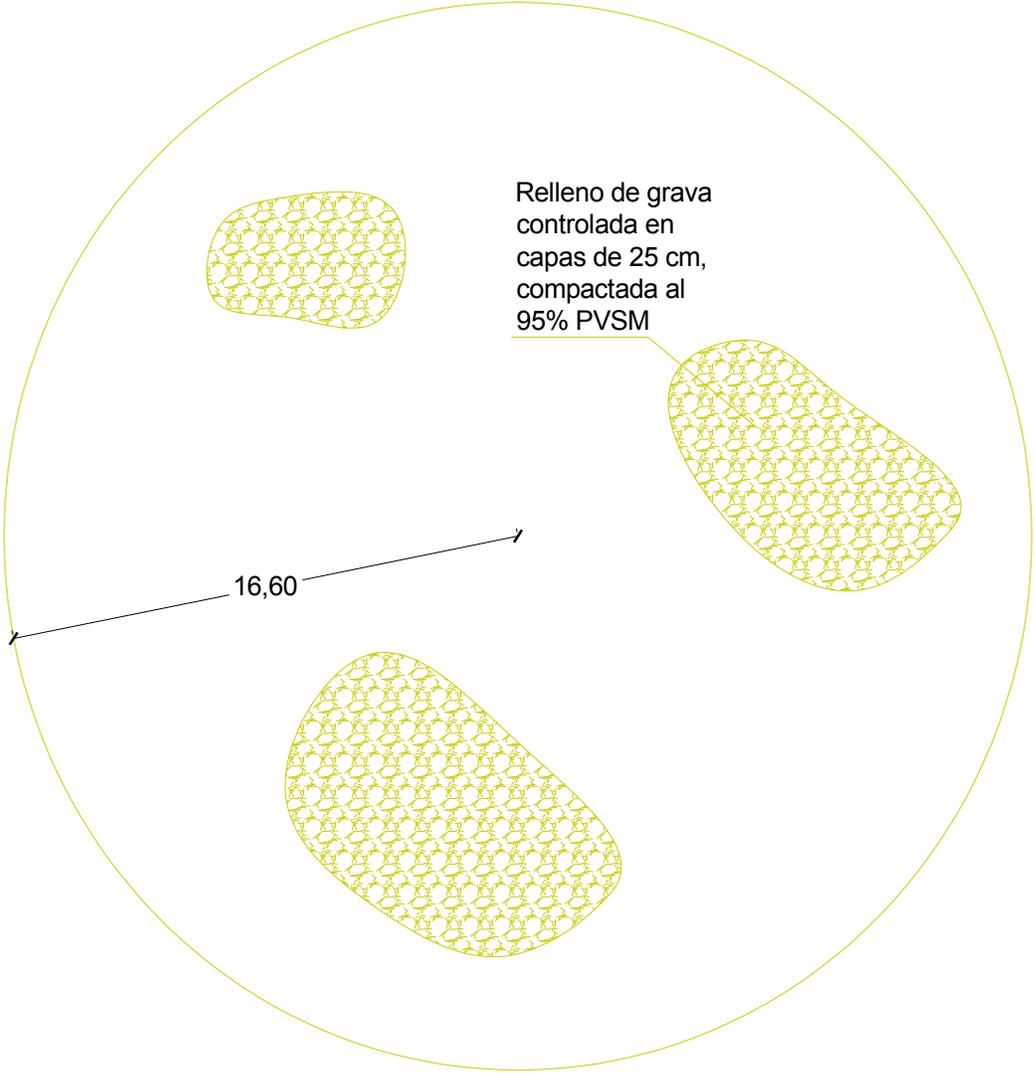


Figura 1.1.a. Planta del mejoramiento del suelo en zona de brocales.

Subtema 1.2. Construcción de Brocales y Plataforma de maniobras de la Hidrofresa

Una vez que se tiene terminado el mejoramiento del suelo en la zona de brocales, hasta una profundidad de 90 cm, se procede a la construcción de los brocales. Los brocales son estructuras auxiliares que cumplen la función de delimitar la geometría de la lumbrera, sirviendo como guías para la excavación con la hidrofresa. Además sirven para soportar las cargas de la maquinaria pesada que se emplea en los procesos constructivos del muro Milán.



Excavación para construcción de Brocales



Construcción de Brocal Interior

En la figura 1.2.a se muestra un corte en el que se presenta un detalle de la geometría de los brocales interior y exterior y el patio de maniobras de la hidrofresa.

Para la construcción de los brocales se realiza la excavación en el suelo mejorado para alojar el brocal interior, el brocal exterior y el muro Milán, es decir que

la excavación tendrá 1.90 m de ancho y 2.50 m de profundidad. Se afinan las

paredes de la excavación por medios manuales. Se realiza el habilitado del acero de refuerzo del brocal interior. Se ejecuta el cimbrado del mismo y se procede a realizar su colado con concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, resistencia normal, con un TMA de $\frac{3}{4}$ " y revenimiento de 14 cm. Posteriormente se construye el brocal exterior con un procedimiento similar. Una vez que el concreto alcanza una resistencia suficiente, se procede al descimbrado de ambos brocales. Entonces se procede al habilitado del acero de refuerzo de la plataforma de maniobras



Construcción de Plataforma de Maniobras de Hidrofresa

de la hidrofresa, la cual no se liga estructuralmente a los brocales. Esta estructura tiene un espesor de 30 cm de concreto. Para el colado de este elemento no se necesita colocar cimbra, ya que colinda con el brocal interior. Se procede entonces al colado con concreto de las mismas características que el que se utilizó para los brocales. En la figura 1.2.b se muestra una planta de la geometría de los brocales y la plataforma de maniobras de la hidrofresa.

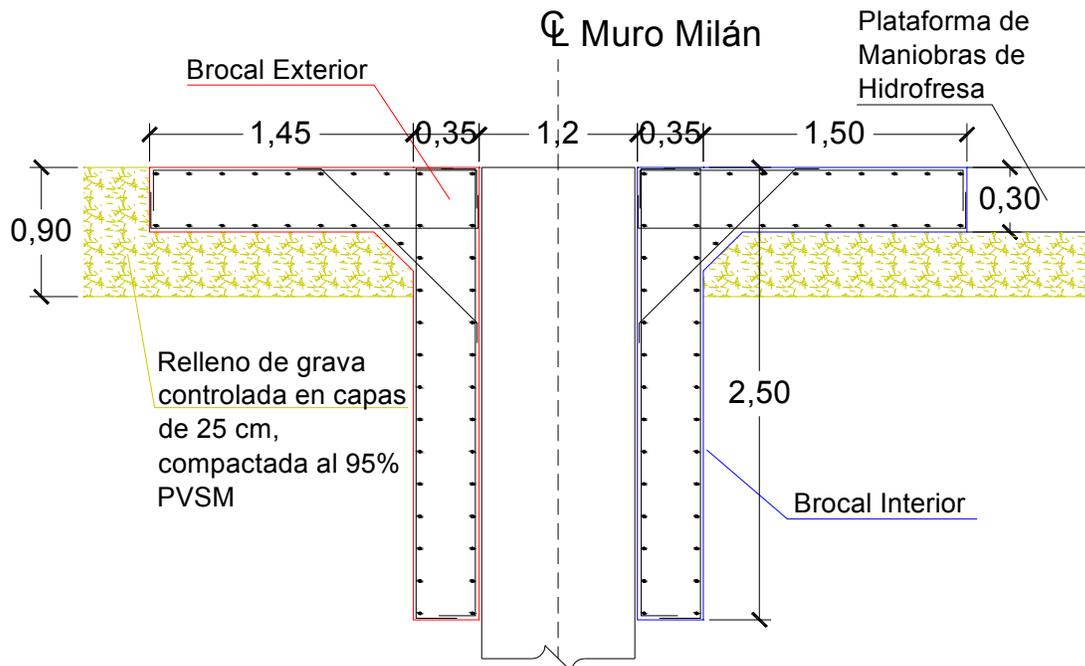


Figura 1.2.a. Detalle de brocales y plataforma de maniobras de la hidrofresa.

La función de los brocales es la de definir la geometría del muro Milán. El muro Milán quedará alojado entre el brocal exterior y el interior. En la figura 1.2.b se observa que el espesor del muro de la lumbrera tiene 1.20 m de espesor y que el radio interior de la lumbrera es de 8.50 m.

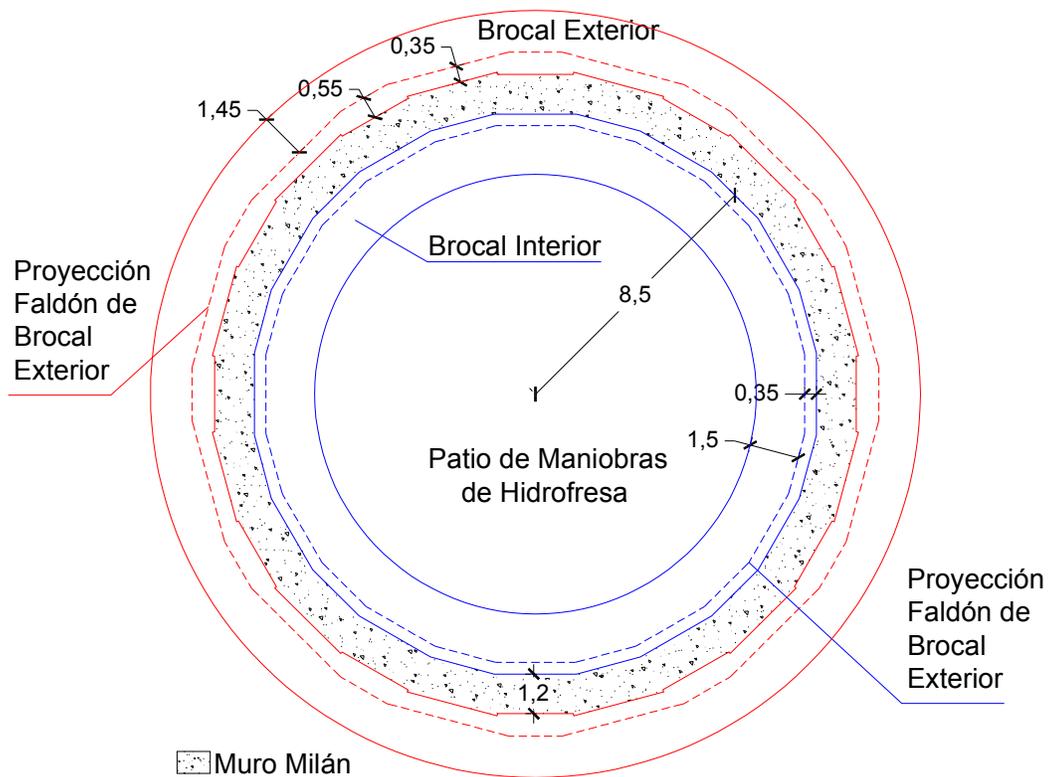


Figura 1.2.b. Planta de brocales y plataforma de trabajos de la hidrofresa.

Subtema 1.3. Obras auxiliares para la instalación y funcionamiento del equipo

Para la construcción del muro Milán se requiere de algunos equipos que son instalados en la obra para garantizar un buen control de calidad en los diferentes procedimientos. Se debe contar con una planta de lodos que satisfaga las necesidades de lodo bentonítico, el cual se utiliza como ademe en el proceso de excavación. Para el proceso del colado del muro Milán se requiere tener en operación una planta de concreto dentro de la obra.

Apartado 1.3.1. Planta de Lodos

Para la construcción del muro Milán se realizan excavaciones profundas, las cuales se deben mantener ademadas con lodo bentonítico. Este es un material que se utiliza para ejercer una presión hidrostática sobre las paredes de la excavación, y así evitar desprendimientos de material al interior de la excavación. En la planta de lodos se fabrica este material. Para esto se necesitan los siguientes equipos:

- 2 Silos para almacenamiento de bentonita sódica (deshidratada) capacidades de 22 y 25 t.
- 1 Dosificador
- 1 Mezclador
- 1 Criba
- 2 Desarenadores
- 3 Tanques para almacenamiento de lodo bentonítico capacidad de 600 m³ cada uno

Los límites permisibles de las características del lodo que se utiliza en cada uno de los procesos principales de la construcción del muro Milán se describen en la Tabla 1.3.1.a.

	Excavación	Inmersión del Acero de Refuerzo	Colado
Densidad (ton/m ³)	1.07 - 1.25	1.07	1.07
Contenido de arenas (%)	0.5 - 2.0	0.25	0.25

Tabla 1.3.1.a. Características del lodo bentonítico

Para preparar un lodo bentonítico con una densidad de 1.07 ton/m³, se realizaron pruebas, resultando una dosificación de 70 kg de bentonita sódica por cada m³ de agua. Con este dato se inicia la fabricación de lodo bentonítico. Se dosifica el agua

y la bentonita sódica en el dosificador y se envían estos materiales al mezclador para obtener un material homogéneo. Una vez mezclado el lodo, se bombea hacia uno de los tanques de almacenamiento de lodo. El mezclador tiene una capacidad de 9.50 m^3 por lo tanto se realiza este mismo procedimiento una y otra vez hasta terminar de fabricar el lodo requerido.



Vista superior de la Planta de Lodos

Durante el proceso de excavación, la hidrofresa bombea lodo bentonítico del interior de la excavación hacia la planta de lodos. Este lodo bentonítico se encuentra contaminado con material producto de la excavación o “rezaga”. La planta de lodos también está equipada para la reutilización de este lodo bentonítico contaminado. Para esto, se hace pasar por cribas en las cuales se retienen las gravas y arenas. El lodo bentonítico resultante se almacena en otro tanque de almacenamiento de lodo. Este lodo se le denomina lodo pesado; este nombre se debe a que la densidad del lodo reutilizado oscila entre 1.15 y 1.25 ton/m^3 .

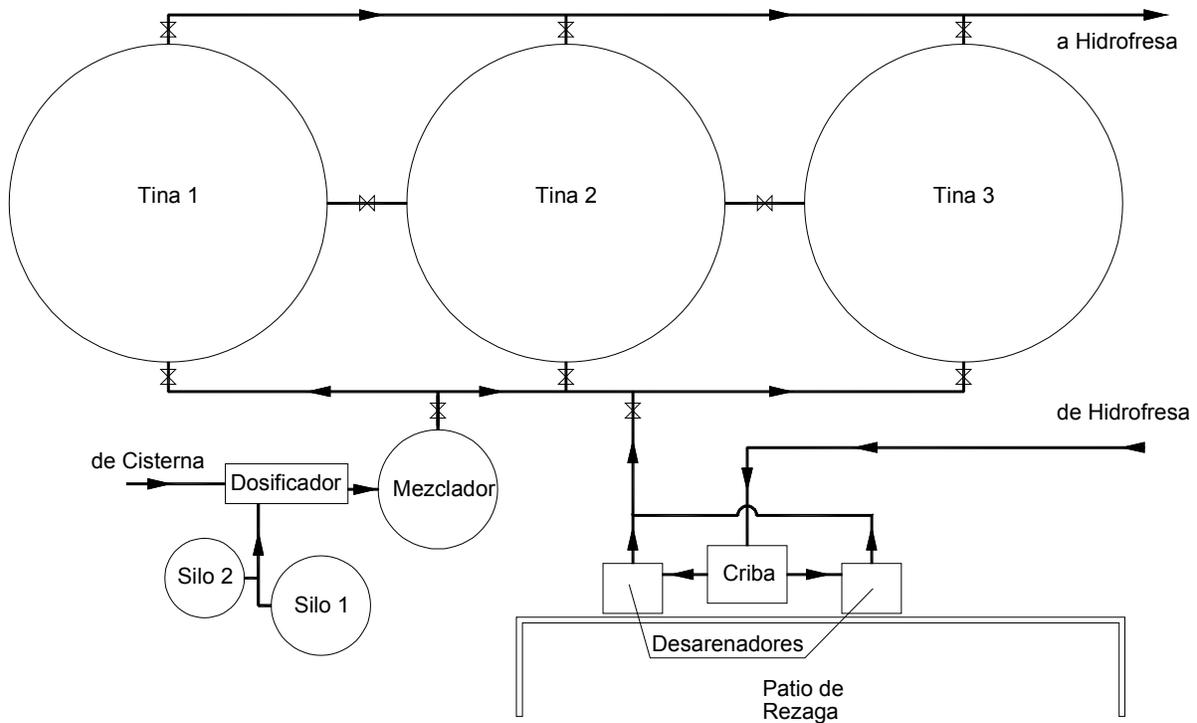


Figura 1.3.1.b. Acomodo general de Planta de Lodos.

La rezaga que se obtiene del cribado del lodo bentonítico contaminado se acarrea fuera de la obra hacia un lugar de disposición final o “tiro” en camiones volteos de 16 m³ de capacidad. El lodo bentonítico pesado que ya no se utilizará más también se acarrea al tiro, en pipas herméticas de diferentes capacidades. El tiro es un lugar autorizado para este fin.

De manera conjunta con el funcionamiento de la planta de lodos, se debe contar en obra con un laboratorio de materiales certificado por la EMA. Este laboratorio debe contar con el equipo necesario para realizar las pruebas de densidad, contenido de arenas y otras características del lodo utilizado.

Apartado 1.3.2. Planta Dosificadora

En la obra se cuenta con una planta dosificadora, la cual se utiliza para la fabricación de concreto. Los elementos que componen a la planta de concreto son los siguientes:

- 2 Silos para almacenamiento de cemento (de 90 y 110 t de capacidad)
- 3 Básculas (para cemento y agregado fino y grueso)
- 1 Banda para acarreo de agregados
- 3 Tinacos para almacenamiento de agua potable (de 10,000 litros c/u)
- 3 Tinacos para almacenamiento de aditivos (dos de 10,000 litros y uno de 5,000 litros)
- 3 Bombas para dosificación de aditivos
- 1 Caseta de operación

También se cuenta con cuatro camiones revolvedores con capacidad de 8 m³, para el mezclado y vaciado del concreto. Con esta planta se puede fabricar concreto y mortero de distintas resistencias y especificaciones, de acuerdo con las necesidades del proyecto.



Planta Dosificadora

Para el funcionamiento de esta planta de concreto se habilitan unas mamparas para el almacenamiento de agregados. Estas se construyen con un entarimado que funciona como muro de contención de los agregados. Cuenta también con un entarimado divisorio, con la finalidad de que no se mezcle el agregado grueso con el fino. La capacidad máxima de contención de estas mamparas es de 500 m³ de cada tipo de agregado aproximadamente.

Además se construye una rampa para el llenado de las básculas de los agregados. Esta rampa tiene 2.30 m de altura. Para esta actividad se cuenta con un cargador.

Para fabricar el concreto, se posiciona el camión revolvedor debajo de la báscula de cemento y el trompo del camión se acelera para revolver. Con el camión en posición y el trompo girando, se procede a la dosificación de los materiales de acuerdo con el diseño de la mezcla y el volumen requerido.

Una vez que se tienen dosificados los materiales y se le ha mezclado por un intervalo de tiempo de 3 a 4 minutos, se procede a vaciar un poco de concreto para verificar su revenimiento. Si el revenimiento es adecuado, el camión revolvedor sale de la planta de concreto hacia el lugar de vaciado. Si el revenimiento no es el adecuado, se corrige la mezcla adicionando uno o varios insumos dependiendo de las necesidades de la mezcla y posteriormente se vuelve a realizar la prueba de su revenimiento.

De manera similar que con el lodo bentonítico, el laboratorio de obra se encarga de llevar el control de la calidad de los materiales utilizados en la planta de concreto, como son el cemento, agua, agregados y aditivos.

Subtema 1.4. Obras complementarias

Además de las obras citadas y explicadas, se requiere contar con otras instalaciones auxiliares para que la construcción del muro Milán pueda llevarse a cabo.

Apartado 1.4.1. Construcción de cisterna para almacenamiento de agua

El agua cumple varias funciones dentro de la construcción del muro Milán tanto directa como indirectamente; se utiliza como insumo en los materiales para la construcción, como el concreto y el lodo bentonítico, además de ser necesaria

para la limpieza y mantenimiento del equipo, herramienta y las instalaciones de obra.

Para tener una suficiencia de agua durante la construcción del muro Milán, se construye una cisterna para el almacenamiento de agua potable, la cual se diseña con un volumen de 1 000 m³ de capacidad. Para cumplir con esta capacidad, se realiza una excavación de 12 x 16 m con 4.5 m de profundidad. Se fabrica un firme de concreto en el fondo de la excavación. Se realiza repellado de concreto en los muros de la excavación. Se construye un muro de tabique de 1.0 m de altura, para así tener una altura total de 5.5 m de la cisterna. Para evitar la contaminación excesiva del agua almacenada, se realiza techumbre a base de lámina galvanizada.

El agua potable se suministra en pipas de diferentes capacidades, que van desde 15 m³ hasta 45 m³. Estas descargan hacia la cisterna. Se utilizan 3 bombas sumergibles para enviar agua hacia la planta de lodos y la planta de concreto.



Construcción de Cisterna para Almacenamiento de Agua Potable

Apartado 1.4.2. Mejoramiento de suelo en patio de armados

Para el habilitado del acero de refuerzo se prepara un patio de habilitado. Las



dimensiones del patio de armados serán tales que en él se pueda realizar el habilitado de 2 armados de manera simultánea; la longitud será un poco mayor que la longitud del armado completo para el muro Milán, es decir, se prepara un espacio de 112.0 m como mínimo; el ancho será de 6.0 m. En esta área se

Nivelación de Patio de Armados

nivela y compacta una capa de tepetate de 25 cm de espesor. Posteriormente se colocan y nivelan durmientes de madera, con una separación de eje a eje de durmiente de 2.0 m.

Sobre los durmientes se fijan vías de ferrocarril alineadas y niveladas. Una vez que se tienen los durmientes y las vías se rellenan los espacios con tezontle de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " de diámetro, para alcanzar el nivel de los durmientes y poder trabajar en esta área.



Colocación de Vías en Patio de Armados

Apartado 1.4.3. Taller de Habilitado de Estribos y Rigidizadores

Se requiere de un lugar especialmente adecuado para la ubicación de equipo para el habilitado de los estribos y rigidizadores utilizados en los armados. Para esta actividad se ocupa equipo electromecánico, como son cortadoras de varilla y mesas dobladoras. De acuerdo con las especificaciones del fabricante de estos equipos, el lugar de trabajo debe contar con un firme de concreto de 8 x 16 m. Esta área debe estar techada para evitar el contacto con el agua. Para dar abasto a las necesidades del proyecto se cuenta en obra con tres cortadoras y tres mesas dobladoras.



Taller de habilitado de acero de refuerzo

Apartado 1.4.4. Construcción de taller de soldadura

Se requiere habilitar un espacio en el que se puedan realizar trabajos de soldadura sin importar las condiciones climáticas del lugar, lluvia por ejemplo. En este espacio se alojan máquinas de soldar, equipos de corte con oxígeno, máquinas de micro alambre, etc. Se diseña y construye un taller de soldadura de 5.50 x 18.0 m, con firme de concreto, techumbre a base de lámina galvanizada y con instalación de energía eléctrica para la operación de los equipos que así lo requieran.



Taller de Soldadura

Apartado 1.4.5. Construcción de laboratorio y pileta de curado

Durante las actividades de construcción de la lumbreira se requiere tener en obra un laboratorio para realizar las diferentes pruebas del control de calidad de los materiales utilizados. Se construye este laboratorio de campo a base de firme de concreto, muros de triplay y techumbre de lámina galvanizada, de 4 x 4 m de dimensiones.



Laboratorio de control de calidad y pileta de curado

Para las pruebas de calidad del concreto utilizado se requiere tener una pileta de curado. Para esto se construye un firme de concreto de 1.5 x 3 m, sobre la cual se

construyen muros de tabique hasta una altura de 1.20 m. Esta pileta debe ser hermética, por lo que se fabrica un chaflán y se afinan los muros por la parte interior. Durante el funcionamiento de esta pileta se deberá mantener el agua a una temperatura de 23 ± 2 °C, por lo que se adaptará una resistencia eléctrica, la cual funcionará de manera no continua.

Apartado 1.4.6. Construcción de mamparas de agregados para concreto

Se construye un patio de almacenamiento de agregados para concreto. Para delimitar el espacio en el que se almacenan estos agregados, se construyen unas mamparas de contención. Las dimensiones convenientes del patio de almacenamiento de cada agregado (arena y grava), de acuerdo con los volúmenes que se utilizan, son de 10 m de ancho, 15 m de largo y 4 m de alto. Se construyen a base de tubos de 6" de diámetro, los cuales se empotran en el suelo una profundidad de 1.50 m, con una separación entre tubos de 2.50 m. Se colocan tablonces en sentido horizontal entre los tubos formando una pantalla. Para reforzar los tubos verticales y soportar el empuje de los agregados, se colocan puntales del mismo tubo de 6" de diámetro, de manera inclinada empotrados en el suelo una profundidad de 80 cm; se apoyan estos puntales en los tubos verticales a una altura de 2.50 m.



Mamparas de Agregados

El patio de almacenamiento de agregados se construye en las cercanías de la rampa de la planta de concreto, para lograr eficiencia en el llenado de las básculas de agregados durante el proceso de colado.

Apartado 1.4.7. Construcción de almacén de herramienta y materiales

Se requiere contar con un almacén de herramientas y materiales para realizar las actividades de construcción. Este almacén se construirá sobre una base de concreto con dimensiones de 6.0 x 12.0 m, muros de triplay y techumbre a base de lámina galvanizada. Debe contar con instalación eléctrica y de teléfono.



Almacenes de herramientas, materiales y residuos peligrosos

También se construye un lugar donde almacenar materiales peligrosos como tanques de gas u oxígeno, lubricantes para la maquinaria, etc. Este sitio se construye con un firme de concreto de 6.0 x 3.0 m, rodeado con malla ciclónica y con techumbre a base de lámina galvanizada.

Apartado 1.4.8. Construcción de almacén de residuos peligrosos

En conjunto con el almacén de herramientas y materiales, se construye un lugar de almacenamiento de los residuos peligrosos, que son principalmente aceites residuales del uso en maquinaria pesada y material de suelo contaminado con aceites. Este almacén responde a las exigencias ambientales que por normatividad son necesarias para la construcción del proyecto. Este almacén se construye con un firme de concreto de 6.0 x 3.0 m, con un pretil de 30 cm de

peralte en el perímetro y cuenta con un cárcamo para la acumulación de residuos peligrosos fluidos. Se coloca malla ciclónica en el perímetro del almacén y lámina galvanizada en la techumbre.

Apartado 1.4.9. Depósito de combustible para maquinaria pesada

Durante la construcción del muro Milán de la lumbrera se utiliza maquinaria pesada que necesita abastecerse de combustible para su operación. Por la cantidad de combustible que se consume en un día normal de actividades se requiere contar con un depósito de diesel. Se dispone de un contenedor con capacidad para 30,000 l de diesel. Se coloca sobre un firme de concreto, el cual, al igual que el almacén de residuos peligrosos, se rodea con un pretil de 30 cm de peralte y cuenta con un cárcamo.



Depósito de Diesel

Apartado 1.4.10. Construcción de oficinas y sanitarios

Se requiere construir un conjunto de oficinas para la realización de actividades del personal técnico y administrativo de la obra. Se construyen 7 oficinas con medidas de 3.80 m x 3.80 m, sobre un firme de concreto. Para la construcción de los baños se construye previamente una fosa séptica con medidas de 4.0 m x 4.0 m y 4.50 m de profundidad. Se instalan 4 sanitarios en el espacio equivalente a una oficina. Tanto en las oficinas como en los sanitarios se requiere contar con instalación eléctrica para alumbrado y, en el caso de las oficinas, el funcionamiento del equipo de cómputo.



Conjunto de oficinas

Cuando se finalizan estos trabajos preliminares, se está en condiciones de realizar las actividades de construcción del muro Milán.