

40
209



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES " ARAGON "**



**CONSTRUCCION DE MUROS DIAFRAGMA COMO
ELEMENTOS PORTANTES DE CIMENTACION PARA
LOS HORNOS DE RECALENTAMIENTO DE UN
LAMINADOR DE PLACA EN CD. LAZARO
CARDENAS, MICHOACAN**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

OSCAR EDUARDO RODRIGUEZ CORRAL

DIRECTOR DE TESIS :

ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Página
CAPITULO I INTRODUCCION	3-- 4
CAPITULO II GENERALIDADES	5--12
Aspectos de mecánica de suelos.	
Características de las cimentaciones.	
Código sísmico.	
CAPITULO III FUNDAMENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS DIAFRAGMA	13--29
Preparación e Inspección del sitio.	
Preparación del área y disposición de las plantas de lodos.	
Dimensión de los páneces.	
Arreglo de los páneces y secuencia de construcción.	
Brocales.	
Impermeabilidad de los muros diafragma.	
Desviaciones permisibles en la construcción de muros diafragma.	
Sistemas alternativos de solución.	
CAPITULO IV METODO DEL LODO BENTONITICO.	30--65
Efectos ante la presencia de sal en las excavaciones.	
Propiedades de fluidez.	
Diluyentes y dispersantes.	
Floculantes y polielectrólitos.	
Carboxi-Metil-Celulosa de sodio (CMC).	
Agua.	
Control de las propiedades del lodo bentonítico.	
Efecto de las condiciones del suelo sobre las propiedades del lodo bentonítico.	
Proporcionamiento del lodo bentonítico.	
Preparación y control del lodo bentonítico.	
Excavación de las trincheras.	
Equipo.	
Factores que afectan la selección del equipo.	

CAPITULO V	COLOCACION DEL CONCRETO CON EL METODO DEL LODO BENTONITICO	86—84
	Manejabilidad del concreto.	
	Contenido del agua.	
	Graduación del agregado.	
	Cantidad del cemento.	
	Aditivos retardantes.	
	Aire atrapado.	
	Colocación del concreto.	
	Espaciamiento de los tubos trenies.	
	Descabece de muros diafragma.	
	Armado de las parrillas para páneces.	
	Detallado del armado.	
	Juntas de construcción.	
	Conexiones estructurales.	
CAPITULO VI	ANALISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO DE UN PANEL TIPO DE MURO DIAFRAGMA.	85—156
	Equipo.	
	Personal.	
	Secuencia de actividades.	
	Materiales.	
	Alcance de obra.	
	Catálogo de conceptos.	
	Especificaciones técnicas.	
CAPITULO VII	CONCLUSIONES	157 — 160

CAPITULO I

INTRODUCCION

En esta tesis se ha procurado reunir tanto conceptos teóricos como situaciones que se presentan en la práctica al construir muros diafragma con el método del lodo bentonítico, aspectos que generalmente se desconocen y del cual existe poco material informativo así como libros que traten sobre la materia. Los conceptos presentados, pretenden ser de gran utilidad para aquellos estudiantes y profesionistas a los cuales les interesa el tema o laboren dentro del ramo de la construcción.

El contenido de este trabajo inicia con una breve explicación del proceso siderúrgico consistente para la producción de placa a partir de un planchón de acero, se presentan los croquis de localización geográfica y de planta del proyecto, abarcando explicativamente información general de mecánica de suelos, características de las cimentaciones como solución de otras estructuras y código sísmico. En el capítulo III, se hace mención de los aspectos fundamentales que deben considerarse para la construcción de los muros diafragma, tanto del sitio en donde se construirán así como para el dimensionamiento de los paneles, se concluye con una breve explicación de sistemas alternativos de solución. En su capítulo IV, se entra en materia con el método del lodo bentonítico efectuando una breve historia de sus primeras aplicaciones y presentando las características que conllevaron a la elección del sistema de cimentación así como al método de construcción de los mismos. En este capítulo, se trata todo lo relativo a los químicos existentes y efectos ante las propiedades del lodo estabilizador vistos como aditivos o como componentes integrantes del suelo a excavar, indicando su tendencia al colapso y al procedimiento aplicado en la definición del proporcionamiento para la fabricación del lodo estabilizador con las pruebas necesarias para su control en campo, en su parte final se presenta el equipo convencional y especializado para la excavación de las trincheras. El capítulo V contiene lo relativo al concreto estructural y el método de colocación, dándose también tipos de juntas de construcción y conexiones estructurales

4

usuales. Finalmente en el capítulo VI, se presenta el análisis de costo y presupuesto de un muro diafragma tipo, con la finalidad de que sirva como referencia indicativa para el análisis de impacto económico de otros proyectos que requieran una solución con muros diafragma como elementos portantes de cimentación.

C A P I T U L O I I

GENERALIDADES

Los hornos de recalentamiento, forman parte del proceso del - proyecto de laminación, para la elaboración de placa en tira. En conjunto, integran el proyecto de Segunda Etapa de la Siderúrgica - Lázaro Cárdenas Las Truchas, en Cd. Lázaro Cárdenas Mich.

Para la elaboración de la placa, el complejo siderúrgico está constituido por los proyectos :

- I.- Materias primas (minas, trituración y manejo de materiales, planta concentradora, ferroaducto).
- II.- Peletizadora.
- III.- Reducción directa.
- IV.- Acería Eléctrica.
- V.- Colada Continua.
- VI.- Laminación.

Los hornos de recalentamiento del laminador, son dos, diseñados para tratar 280 Ton/hr. cada horno, de material en forma de - planchón, de aceros comerciales ASTM-36 ó aceros de alta resistencia API-X80, con rolado controlado y otros aceros especiales. Los planchones con dimensiones : ancho 1200-1900 mm., largo 2370-4000 mm., espesor 200-250 mm., con un peso máximo de 14600 Kg. iniciarán su proceso en estos hornos, pasarán a un descamador, por medio de - una estación hidráulica de 220 Kg/cm² de presión, llegarán a los molinos un desbastador y un acabador con fuerza de rolado de hasta - 8,000 tons., con motores de 4650 KW el primero, y de 6000 KW el segundo, potencias necesarias para el proceso de rolado controlado. Seguirá su curso mediante mesas de rodillos, hacia el nivelador en caliente entrará a las camas de enfriamiento de tipo viga caminante, donde una vez que la placa recorra con este sistema 95 m. para espesores hasta de 40 mm y 76 m. para espesores mayores de 40 mm, pero menor a 76 mm. que será espesor máximo a producir, la placa estará

6

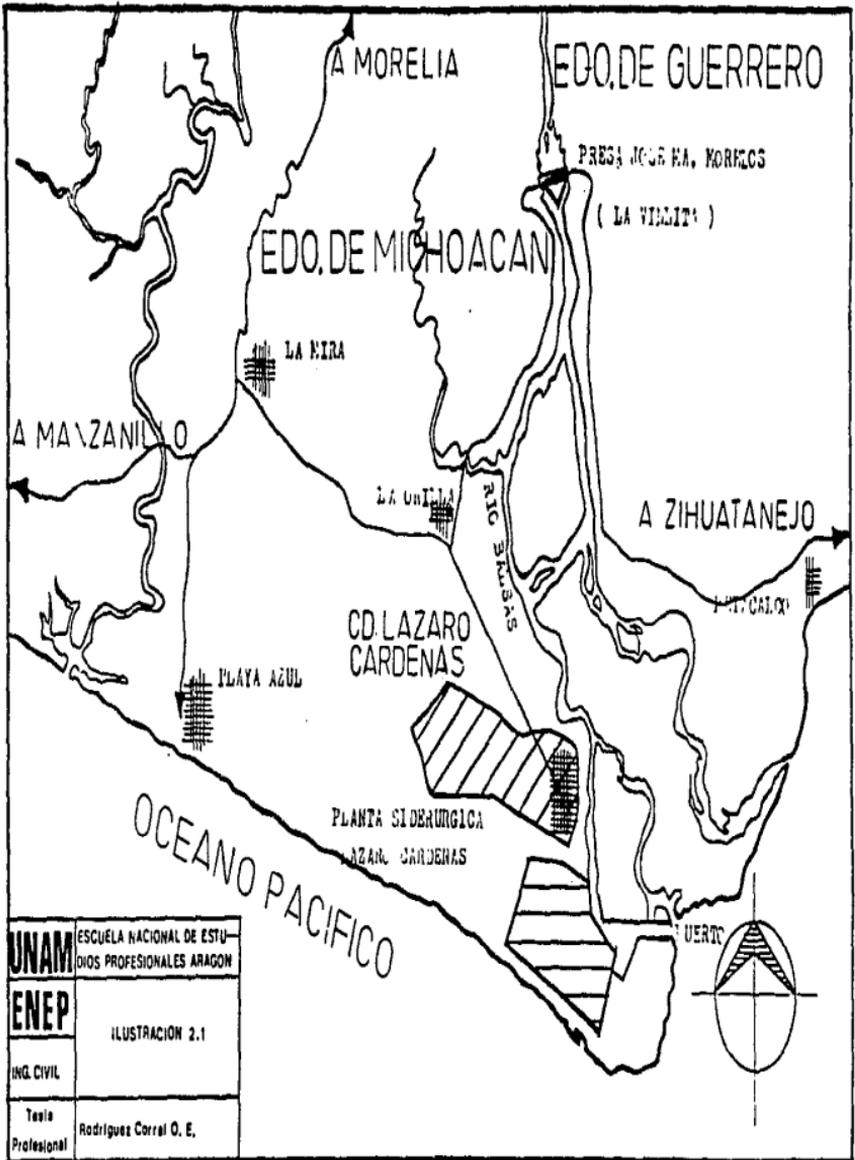
lista para efectuar los cortes en las tijeras de punta, posteriormente a las tijeras de doble orilla seguido por la tijera de cortes longitudinales y por último a la tijera de cortes finales, esto para espesores hasta de 40 mm., para espesores mayores, el proceso de corte se efectuará en la línea de corte con gas. Finalmente, la placa quedará lista y se apilarán en un almacén, con un área disponible de 45,500 M² para su venta, con características de ancho de - - 762-4100 mm, longitud 18,000 mm. o a solicitud del cliente pero no mayor a 56,000 mm. que es la longitud máxima de la placa rolada, espesores de 6.3-76 mm, con calidades de acero, desde aceros comerciales, hasta aceros especiales. Para ocuparse en la creación de productos metálicos, maquinaria, equipo de transporte, construcción e industria automotriz o en producción de tubería. (ver ilustración 2.1 y 2.2)

ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS.

El complejo siderúrgico, está localizado cerca de la desembocadura del Río Balsas, en una zona con estratigrafía del tipo aluvial errática. Los cortes estratigráficos, muestran depósitos de gravas y arenas intercaladas por estratificaciones de limos arcillosos, no siempre constantes. Los terrenos que se destinaron para la instalación de los equipos de la Segunda Etapa, formaban parte de un estero; terreno bajo pantanoso, intransitable, que suele llenarse de agua por la lluvia o por la filtración del agua colgada, y que abunda en plantas acuáticas. Se encontraba al nivel +2.25 mts. sobre nivel del mar, nivel inferior al del complejo siderúrgico creado para la producción de alambrión y varilla estructural, conocido como Primera Etapa, por lo cual, se rellenó con grava-arena hasta el nivel +3.25 mts. S.N.M., el material ocupado, fué de un volumen de - - - 3,500,000 M³.

Usando las elevaciones con respecto al nivel del mar, la descripción de un perfil estratigráfico de la zona se explica a continuación.

Elevación +3.25 m. a + 1 m., de relleno de grava-arena; de - - +1 a -1 m. limos arcillosos con huellas de raíces y restos de materia orgánica. De profundidad variable un estrato limo-arcilloso -

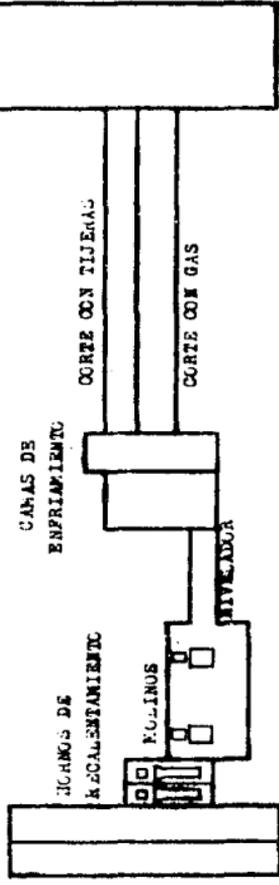


UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	ILUSTRACION 2.1
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Corral O. E.



FABRICA DE
EL BARQUE

PANTON DE
FLANCHONES



ENEP	ESCUELA NACIONAL DE ESTU- DIOS PROFESIONALES DE AMBATO
	ILUSTRACION 1.2
ING. CIVIL	Temas Profesionales
	Rodriguez Carral G. E.

LAMINADOR DE PLACA

con contenido de agua del orden de 55% y límite líquido del orden de 60%, aunque este estrato no aparece en varios sondeos, bajo este estrato, y hasta -10 m., se encuentran estratos de grava-arena. A partir de -10 m. y en algunas ocasiones hasta -12 m., se encuentran estratos de limo-arcillosos de 2 a 3 m. de espesor, con un contenido de agua de 50% y límite líquido de 60%, de -12 m. a -15 m., se encuentra grava y arena media.

En varios sondeos se reportaron materiales limo-arcillosos de -16m. a -18 m. (ver ilustración 2.3.)

A mayor profundidad, se encuentran estratos de grava-arena de gran espesor, hasta elevaciones cercanas a -20 m., donde se encontró limo. Bajo este estrato limoso, se tienen más estratos de grava-arena, hasta -30 m., donde se reportan estratos de limos arcillosos y arcilla-limosa, con contenidos de agua del orden del 100%; bajo este estrato y hasta -37 m. De -37 m. a -40 m., se reporta un estrato de grava-arena con boleos hasta de 5 cm. de diámetro. De -40 m. a -41 m., se encontró un estrato de arcilla limosa amarillenta con arena. Bajo este estrato, arena hasta -45 m. donde se reporta un estrato de limo compacto hasta -48 m.. A mayor profundidad se encuentran materiales limosos con arena hasta -70 m., donde se reporta un aglomerado de grava y boleos en una matriz arcillosa compacta.

Por la gran permeabilidad de los estratos superiores, el nivel de aguas superficiales es variable entre las elevaciones + 1.0 m. y -0.5 m., según la época del año. También se encuentra agua colgada, debido a los estratos superficiales arcillosos, cuyo nivel no corresponde al nivel de aguas superficiales.

CARACTERISTICAS DE LAS CIMENTACIONES.

Para cimentaciones poco profundas y en edificios pequeños, fué económicamente factible, retirar el limo-arcilloso superficial y desplantar sobre los estratos de grava arena, a una elevación aproximada de -1.0 m.. En algunos casos; se sustituyó el material limo-arcillosos, por grava-arena compactada y se desplantó la cimentación sobre ésta. Para algunas estructuras, se precargó el área y así se disminuyeron los hundimientos totales y diferenciales. La precarga especificada fué de 1.25 veces el peso del edificio.

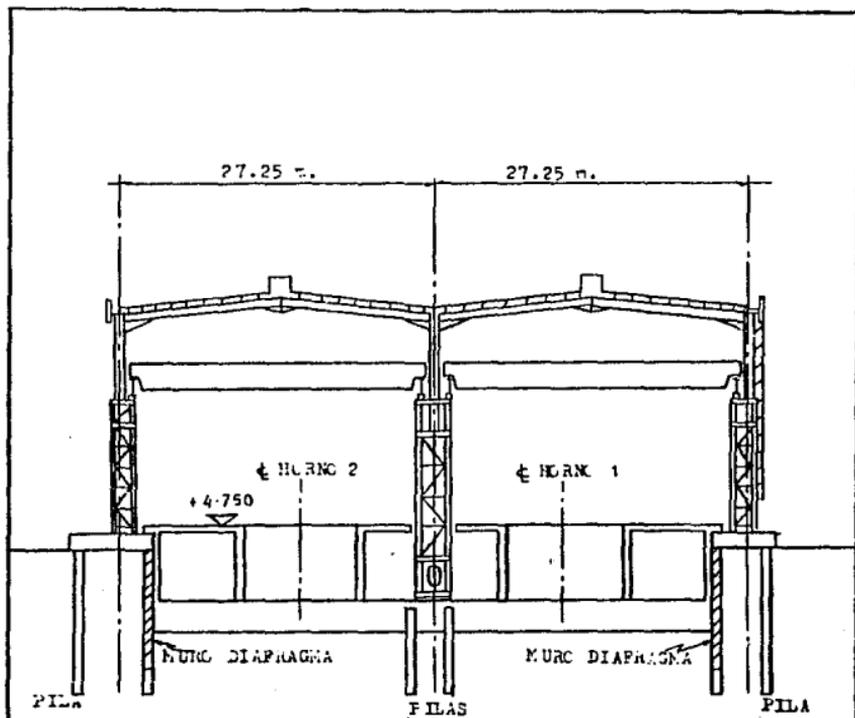
La mayoría de los edificios de la planta, tienen un área extensa y fuertes cargas horizontales, que son las que determinan el diseño. Su diseño es a base de pilas coladas en el lugar, con gran capacidad de carga horizontal. Las pilas, atraviesan los estratos limo-arcillosos superficiales y se desplantan sobre material granular. Dichas pilas se empotran en un material de grava-arena con una longitud mínima igual a dos diámetros efectivos.

En otras estructuras, en las cuales es necesario atravesar estratos superficiales, y con cargas horizontales de menor magnitud, el diseño se basa en pilotes precolados y pretensados, en general, de 45 X 45 cm., la longitud de los pilotes varía de 8 m. a 14 m.. (ver ilustración 2.4.)

CODIGO SISMICO.

Estudios efectuados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, señalan que Lázaro Cárdenas, Mich. debe considerarse con sismicidad alta e igual a la del resto del cinturón circumpacífico, aunque -- cuando se hicieron estos estudios, no se tenía evidencia de la ocurrencia de grandes sismos en la zona, como los ocurridos el 14 de Marzo de 1979 de 7.0 grados en la escala Richter y el 19 de Septiembre de 1985 de 7.8 grados en la escala de Richter, cuyos epicentros se localizaron a una distancia no mayor de 60 km. de Cd. Lázaro Cárdenas.

El código sísmico realizado por el Instituto de Ingeniería para la zona de Lázaro Cárdenas, Mich., establece períodos de recurrencia, de 500 años para estructuras del grupo A, y 100 años para estructuras del grupo B. Los coeficientes sísmicos para diseño, varían según el tipo de estructura (0.38 aproximadamente). Coeficientes que en comparación con otros usados generalmente para el diseño de las estructuras ante carga sísmica, parecerían altas. Pero, una vez comprobados con los movimientos telúricos presentados en el 79 y 85 se justificaron.



CIMENTACION PARA LOS HORNOS

UNAM ENEP	ESCUELA NACIONAL DE ESTU- DIOS PROFESIONALES AHADON
	ILUSTRACION 2.4
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Corral O. E.

C A P I T U L O I I I

FUNDAMENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS DIAFRAGMA

En las instalaciones que tiene SICARTSA en la localidad de - Lázaro Cárdenas, Michoacán, se presenta el problema de cimentar - edificios o instalaciones industriales con cargas muy elevadas, - para lo cual ha considerado como elementos de cimentación el uso de diafragmas o de elementos portantes de cimentación y colados - en el lugar.

La tecnología para la construcción de los diafragmas de cimentación, se ha desarrollado y perfeccionado ampliamente garantizando un sistema de cimentación sumamente seguro y más económico que otros. Así mismo, debido a la heterogeneidad del suelo y diversidad del equipo a cimentar para el proceso de laminación, hacen necesario combinar este sistema de cimentación, con otros como lo son : pilas; para el soporte y transferencia de cargas de - la estructura metálica, pilotes; para cimentar equipo especial, y losas de cimentación combinados con muros dentellón y traveses de - cortante. Tanto los muros diafragma como pilas y muros dentellón, son construidos mediante el método del lodo bentonítico. Este método a la fecha dominado, se ha desarrollado y aplicado debido a que nuestro país cuenta en el mercado con bentonita sódica y arcillas naturales en variedad extensa y suficiente para garantizar - el abastecimiento, y las condiciones de salinidad, formación estratigráfica, condiciones hidráulicas del suelo y profundidad de los elementos a construir, hacen necesaria su aplicación.

PREPARACION E INSPECCION DEL SITIO.

En general, una inspección completa antes de la construcción, y mejor antes de concluir el diseño de los muros diafragma, es necesaria y ayuda a evitar problemas serios, que se presentan en el avance del proyecto; problemas como interferencias con estructuras existentes, localización y relocalización de los almacenes, rutas para el tráfico en el proceso de excavación y localización de la maquinaria, así como topografía del terreno y la secuencia en la ejecución del proyecto. Problemas que obviamente afectan el avance de la obra y por lo tal el cumplimiento del programa de ejecución.

La información necesaria para realizar una adecuada inspección del sitio, debe ser :

EFFECTOS AMBIENTALES.- Debido al ruido que producirá el equipo, es necesario investigar si el nivel de ruido no creará problemas locales; por la ubicación de hospitales, escuelas o simplemente por la contaminación por ruido. Lo que será inevitable es la molestia por la presencia del lodo, en toda el área, por la recirculación del lodo bentónico y el acarreo del material de excavación.

Este aspecto, no fué obstáculo para la ejecución de los muros diafragma, en los hornos de recalentamiento del laminador, debido a que su ubicación, fué proyectada fuera de la zona urbana.

ESPACIO DISPONIBLE.- Este punto, define el tipo de muro que es viable, así como la localización de la planta de fosificación y tratamiento para los lodos y del lugar donde se efectuarán los armados de los paneles. También, se define la longitud de los paneles y el arreglo de los mismos.

TRAFICO LOCAL.- Deberán preverse, las rutas para el tráfico de maquinaria y equipo de desalojo del material, considerando no interferir con el tráfico local, o que éste no interfiera, dado el momento, con la llegada del material o mezcla para los colados, ya que el tiempo es fundamental para lograr las condiciones planeadas de avance y calidad.

ESTRUCTURAS EXISTENTES.- El reconocimiento del sitio, nos permitirá localizar previamente, obras y estructuras existentes, como instalaciones de servicios ocultas, ya que suponiendo daños a los servicios, en el caso de derrames afectan contaminando y cambiando las propiedades de los lodos usados y del terreno, condiciones que ponen en peligro la estabilidad de las excavaciones. La presencia de obstáculos causa daños al equipo.

DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS.- Los servicios requeridos para este tipo de trabajos son : electricidad y agua fresca y de pureza apta para las dosificaciones de lodos y concreto, razón por la cual se localizarán las tomas, para garantizar los suministros.

PREPARACION DEL AREA Y DISPOSICION DE LAS PLANTAS DE LODOS.

Antes de iniciar los trabajos, es necesario efectuar una nivelación topográfica, para eliminar las irregularidades del terreno. Toda el área donde se localizarán los muros diafragma, y por donde circulará el equipo de excavación y de desalojo de materiales, así como por donde circularán los camiones con la mezcla de concreto para los colados, deberá ser mejorada con un relleno de material adecuado (grava-arena) y compactado de acuerdo a especificaciones (95% de acuerdo a la prueba Porter) para dar soporte al equipo que circulará. Una vez ejecutados estos trabajos se procederá con el armado, cimbrado y colado de los brocales; que servirán, además de evitar los derrumbes de material de la parte superior de la excavación; como guía para el equipo de excavación.

De acuerdo al programa de ejecución, se localizarán las plantas de preparación de lodos y de recuperación de los mismos, que incluye : mezcladora, tanques de almacenamiento, planta de separación de lodos y almacenamiento de los bultos de bentonita. Como dato --

práctico para el cálculo del volumen de lodo bentonítico a usar, para la excavación, de acuerdo al tipo de pánel y la permeabilidad del suelo donde se excava; puede ser para suelos finos de baja permeabilidad, el volumen del lodo a usarse sería de 1.5 veces el volumen - del pánel a construir. Para gravas y suelos permeables el volumen del lodo puede tomarse de 2 veces el volumen del pánel a construir. Las plantas de lodos, deberán estar ubicadas, donde no interfieran con la excavación de los pánels, habilitado y armado de las parrillas y circulación del tráfico, tanto de suministro como de desalaje de material. Todo el material producto de la excavación, deberá ser retirado de la obra, ya que una vez contaminada con bentonita - es material no apto para rellenos, por lo cual, se dispondrá de un área para ser utilizada como tiradero de escombros y material producido de la excavación.

DIMENSION DE LOS PANELES.

Los factores que determinan el tamaño de los pánels, son principalmente, debido a la geometría del área a construir. Por lo cual el diseño de los pánels, debe efectuarse de acuerdo al espacio disponible y al tiempo programado para la ejecución del proyecto.

a).- **LONGITUD DEL PANEL.**- Para establecer la longitud de los pánels, deberán crearse las menos posibles juntas de construcción verticales, lo cual reduce tanto el costo, como el riesgo de perder la alineación o verticalidad de los muros y de la filtración del agua, hacia el interior, produciendo trastornos en la construcción de las cimentaciones. El dimensionamiento de la longitud de los pánels, - deberá considerar los siguientes factores :

Estabilidad de los elementos y derrame del lodo.- Como es sabido, los muros cortos presentan menos problemas por efectos de pandeo producido por la estabilidad de las trincheras. Se deberá también - tener en cuenta, que entre más larga sea la excavación, presentará más problemas por presencia de cavidades por deslaves, que causará derrame del lodo bentonítico y ocupará más volumen, tanto de lodo, como de concreto al colarse. Las dimensiones usuales para pánels - cortos varía de 1.2 m. a 2.4 m.

Capacidad para colados de volúmenes grandes.- Debido a la premura para garantizar la colación del concreto antes de que éste endurezca y considerando un tiempo óptimo para el colado, no mayor a 4 horas, el dimensionamiento de los páneles deberá considerar el volumen y el tiempo en que se ejecutará su colado. Para dar idea de los tiempos empleados, se muestra una tabla que relaciona los tiempos de fabricación del concreto, en trega, inicio de vaciado y terminación del colado para un muro diafragma construido en el sitio, con características del suelo y propiedades del lodo estabilizador similares al de nuestro proyecto y garantizando un suministro de la planta de concretos de $28m^3/H$. (ver ilustración 3.1.)

Armado de las parrillas.- El tamaño del pánel, deberá prever que no se tenga problema con el espacio disponible, ya que los páneles serán armados en posición horizontal para posteriormente ser izados y colocados en la excavación para su colado. A la vez deberá tenerse en cuenta la capacidad de la grúa con que se disponga.

Localización de rigidizadores y amarres para sujeción.- Debe de colocarse, para el izaje de las parrillas, atezadores o rigidadores, así como dispositivos para sujeción, cuya cantidad va a depender de la longitud de los páneles; a mayor longitud mayor cantidad de dispositivos. Todo ésto, con el fin de que una vez hechas las parrillas, al momento de manejarlas no sufran deformaciones, - o que se desarme al momento de levantar el armado.

Equipo de excavación.- La longitud de los páneles, deberán - ser tal, que aproveche al máximo las dimensiones del equipo de excavación, al cual si es necesario, se le podrá adaptar a las quijas del equipo, aditamentos diseñados, ya sea para agrandar la morda de excavación o para dar forma al corte.

Otros.- Este concepto abarca los factores que pueden interve- nir para atrazar la fabricación de los páneles, que van desde pro- blemas para el suministro de los materiales y servicios, hasta la falta de coordinación en las actividades de excavación, habilitado y destreza al operar.

COLADO DE MURO DIAFRAGMA

ELEMENTO: M3-25A, NORTE

CELA Nº	VOL.	HORA 15:00	HORA 16:00	HORA 17:00	HORA 18:00	HORA 19:00	HORA
90	7						
85	7						
82	7						
83	7						
99	7						
85	7						
98	7						
92	5.5						



TIEMPO EMPLEADO: 4 HORAS 15 MINUTOS

VOL. TEORICO = 52.09 m³

VOL. REAL = 54.50 m³

- A=INICIO FABRICACION
- B=FINALIZADA PLANTA DE CONCRETO
- C=LEEGADA A OBRA
- D=INICIO VACIADO
- E=FIN DE VACIADO



ILUSTRACION 8.1

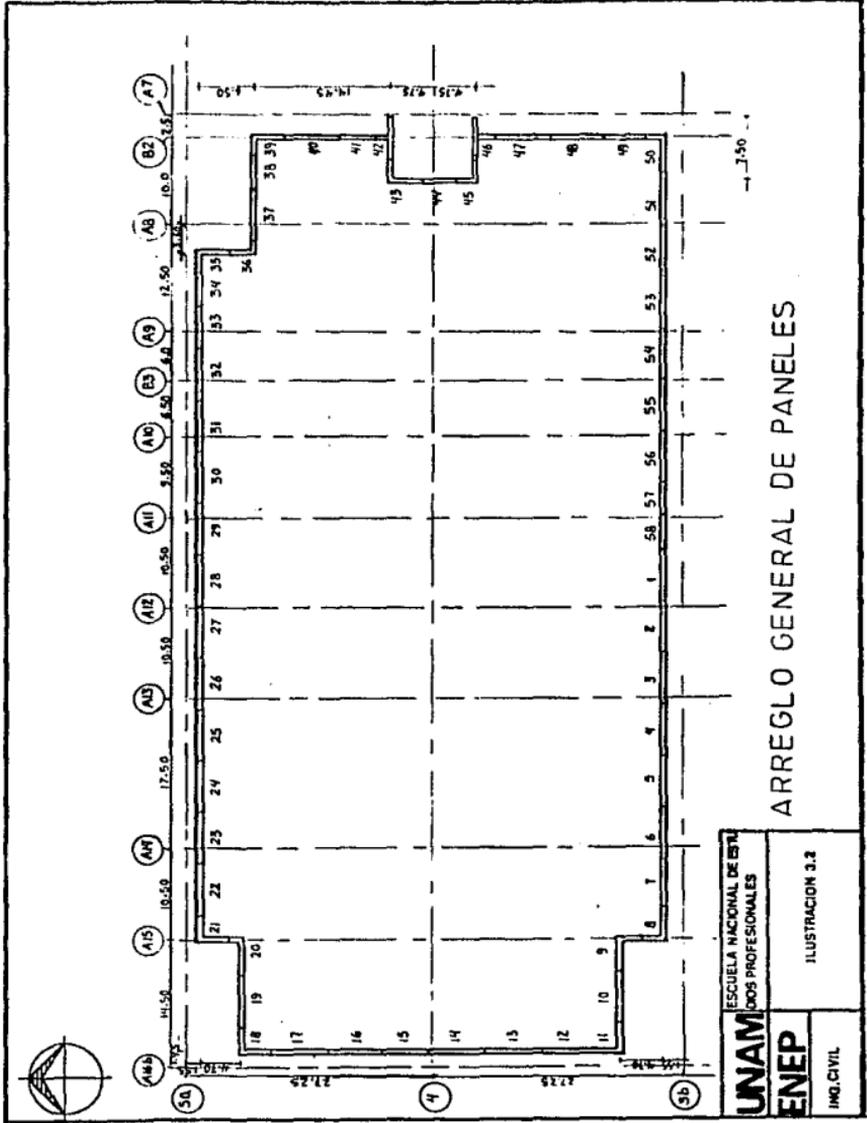
De tal manera, que la longitud de los pán­eles deber­ ser propuesta, primero, de acuerdo a la estabilidad de las trincheras, despu­es de acuerdo a la garant­fa del suministro de concreto. Dicha propuesta se contemplar­ con las posibilidades del equipo de excavaci­ y se dise­ar­ finalmente su longitud.

b).- **PROFUNDIDAD DEL PANEL.**- Siguiendo las bases del proyecto, deber­ contemplar para su dise­o, las posibilidades de alcance del equipo con el cual se cuenta. Sin embargo para transferencia de las cargas verticales se apoyan sobre estratos firmes o se empotra en estrato impermeable para protecci­ de la excavaci­ del agua subter­nea, o simplemente pasando los estratos para proporcionar una adecuada estabilidad lateral y resistencia a los movimientos horizontales.

c).- **ANCHO DEL PANEL.**- El ancho del p­nel, deber­ ser dise­ado considerando el ancho que permite el equipo a excavar, teniendo como rangos de 45 cm. a 1.5 m. para cucharas de draga y de 40 cm. a 1.20 m. para botes rotativos. El m­imo ancho de usar, que no presenta problema para la inserci­ del tubo tremie entre el armado es de 45 cm. Para anchos mayores que el de los rangos descritos, pueden ejecutarse mediante aditamentos especiales o haciendo doble excavaci­. Se puede tomar como medida estandar para muros 60 cm. Es importante aclarar que en muros estrechos, la fluidez del concreto se afecta y pone en riesgo el colado.

ARREGLO DE LOS PANELES Y SECUENCIA DE CONSTRUCCION.

El arreglo de los p­eles, se planea de acuerdo a los requerimientos del proyecto y a la geometr­ del ­rea a construir. La secuencia de construcci­, se analiza previamente para no interferir con las dem­s actividades del proyecto, as­ como con el tr­fico local y con la movilidad del equipo. Para lograr el aprovechamiento m­ximo del equipo, la secuencia de construcci­ deber­ prever tres actividades simultaneas en tres p­eles sucesivos; mientras se excava para un p­nel, existe una excavaci­ lista para introducir el armado y a la vez, se vac­a concreto en otro ya terminado de preparar. (ver ilustraciones 3.2. / 3.3.)

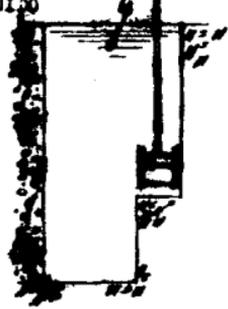


ARREGLO GENERAL DE PANELES

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
	ING. CIVIL
ENEP	ILUSTRACION 3.3

PANEL ANTERIOR
CONSTRUIDO

LOGO BENTONITICO



A) PROCESO DE EXCAVACION

TUBO TOPE



B) COLOCACION DEL TUBO TOPE

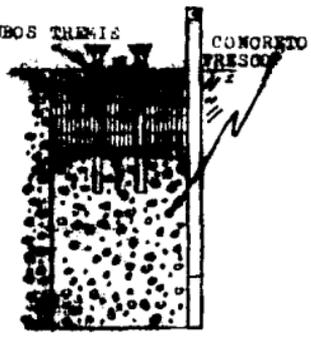
FARRILLA O ARMADO DEL
PANEL



C) COLOCACION DEL ARMADO

TUBOS TRINIE

CONCRETO
FRESCO



D) VACIADO DEL CONCRETO

SECUENCIA DE CONSTRUCCION

UNAM ENEP ING. CIVIL	ASESORIA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
	ILUSTRACION 3.3

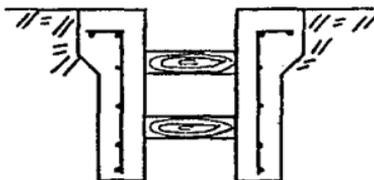
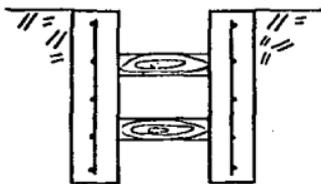
BROCALES. Definiendo al brocal, como un pretíl, parapeto o guía para la excavación, colocado a lo largo de ambas caras del muro, fabricado con concreto armado, que sirven para alinear las excavaciones a ejecutar, tienen un uso temporal y se retirarán una vez colados los paneles. Los brocales cumplen con las siguientes funciones :

- a).- Sirven para el trazo de los elementos y para guiar la excavación y movimientos del equipo, sin perder línea.
- b).- Permiten mantener un solo nivel para efectos de control de la excavación.
- c).- Refuerza a la excavación por fallas debidas a sobrecargas producidas por el movimiento del equipo.
- d).- Protegen los bordes de la excavación, contra las turbulencias creadas por entrada y salida del bote, cuchara o quijada al excavar o por introducción del lodo bentonítico.
- e).- Aditamentos como orejas y pasadores, sujetan el armado de las parrillas, para que queden al nivel de diseño.
- f).- Sirve como canal para la recuperación del lodo bentonítico.

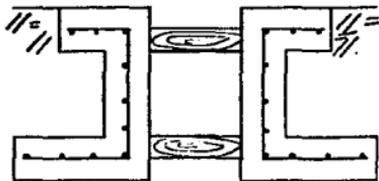
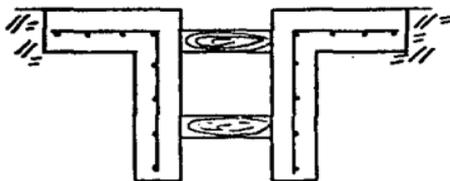
El hueco configurado por el brocal interior y el exterior, deberá ser como estandar 5 cm. mayor que el ancho nominal de la trinchera, para permitir los movimientos de entrada y salida del equipo al excavar y evitar el choque con los brocales. Se habilitará en el armado del brocal, orejas que servirán como sujetadores con pasadores, del armado del panel. Los brocales deben estar apoyados sobre el suelo firme y compacto, de lo contrario podría formarse una erosión ocasionando protuberancias en el muro descubiertas tardamente. Si se tiene un suelo firme y estable podrían emplearse como brocales placas metálicas o tablonés.

Se ilustran los detalles de armado y forma de brocales más usados de acuerdo a las condiciones del proyecto. (ver ilustraciones 3.4, 3.5 y 3.6.)

TIPOS DE BROCALES



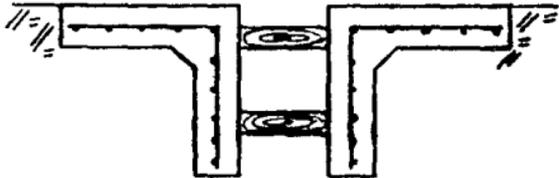
A) BROCALES USADOS PARA EXCAVACIONES EN SUELOS ESTABLES CON EQUIPO LIGERO



B) BROCALES USADOS PARA EXCAVACIONES EN SUELOS INESTABLES CON EQUIPO PESADO

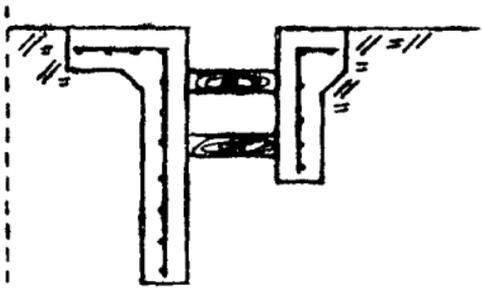
UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	ILUSTRACION 3.4
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Corral G.E.

TIPOS DE BROCALES

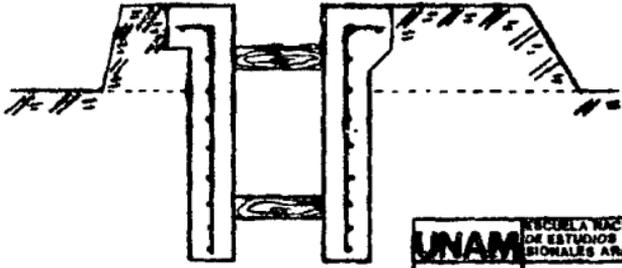


C) BROCALES CON FLATAFUERZA PARA ACCESO DEL EQUIPO

FRONTERA CON
ESTRUCTURA
EXISTENTE



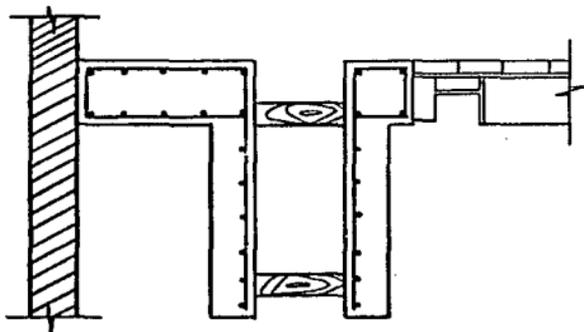
D) BROCALES PARA COLINDANCIA CON ESTRUCTURA EXISTENTE



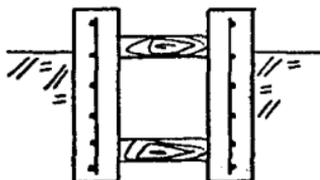
E) BROCALES PARA PLATAFORMAS DE AEDENCIA

UNAM ENEP	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARADON
	ILUSTRACION 3.5
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodríguez Corral G. E.

TIPOS DE BROCALES



F) BROCAL INTEGRADO AL SISTEMA



G) BROCALES EN NIVELES DE TERRENO BAJOS

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	ILUSTRACION 3.6
ING. CIVIL	
Trabajo Profesional	Rodriguez Corral Q. E.

IMPERMEABILIDAD DE LOS MUROS DIAFRAGMA.

Tan importante como la resistencia, es la impermeabilidad de los muros diafragma, debido a sus usos. Para lograr la impermeabilidad deseada deberá cuidarse la calidad de los materiales usados, - así como las cantidades de los proporcionamientos y la buena práctica en su colocación. Por lo que se vigilará el apego a los siguientes aspectos.

a).- **RELACION AGUA-CEMENTO.**- Para garantizar una mezcla fluida, pero impermeable, no deberá ser usada una relación agua-cemento mayor de 0.6. Manteniendo esta relación, la permeabilidad K_c que se obtendrá en el concreto ya endurecido, será $K_c=10^{-11}$ cm/seg. Si se incrementa la relación agua-cemento la impermeabilidad se va perdiendo.

b).- **AGREGADOS.**- Estos deberán ser bien graduados, sin porosidades, sanos y de baja permeabilidad, de acuerdo a pruebas para mezclas - con tamaño máximo de agregado de 3/4" y con relación agua-cemento - de 0.6 la permeabilidad es no mayor a $K_c=10^{-10}$ cm/s.

c).- **MEZCLAS.**- Se usarán para las mezclas, agua libre de impurezas y cemento puzolánico o cementos extras.

d).- **COLOCACION.**- En la colocación del concreto, deberán impedirse las interrupciones prolongadas y deberán ejecutarse todas las actividades de acuerdo al método descrito, para evitar huecos y grietas o desplazamientos que afecten la impermeabilidad.

e).- **JUNTAS DE CONSTRUCCION.**- La experiencia demuestra, que únicamente con la colocación del tubo frontera o tope en los muros diafragma, basta para detener las filtraciones, quizás por la bentonita que queda atrapada en la junta y la impregnación al suelo que lo limita.

DESVIACIONES PERMISIBLES EN LA CONSTRUCCION DE MUROS DIAFRAGMA.- En la ejecución de los muros diafragma, se deben establecer previamente las tolerancias en los defectos, las cuales contemplan tres aspectos fundamentales.

- a).- Verticalidad de los muros.
- b).- Trazo y alineación.
- c).- Irregularidades y protuberancias
en las dimensiones del muro.

Defectos debidos a incidentes en la obra, pero principalmente debido al equipo de excavación, a la falta de pericia del operador del equipo, fallas en el dispositivo de guía o soporte del bote, - quijada o almeja, errores en la fabricación de los brocales, presen cia de un estrato inestable no considerado, fallas en la mezcla del lodo estabilizador. Por lo que se establece la vital importancia de que todos los trabajos sean supervisados por personal altamente ca pacitado, para la detección temprana de los errores, para su solución, dicha supervisión deberá contar con una brigada de topografía que cheque antes de efectuar los colados, alineación, verticalidad y niveles. Deberán impedirse las interrupciones prolongadas para - evitar deslaves.

Se establecen como desviaciones permisibles.

Verticalidad.- 2% -- 0.5%

Alineación.- 5% del espesor de muro, desviado del eje.

Nivel.- 20 cm bajo nivel

100 cm alto nivel

Sobreexcavación.- 7.5 cm.

Deformaciones.- 7.5 cm -- 10 cm.

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE SOLUCION.

Para poder elegir, de acuerdo a las situaciones y condiciones imperantes para la ejecución de un proyecto, se describe a continuación, someramente, las alternativas con sus características de funcionamiento, para la elección de la solución, comenzando con el sistema, que de acuerdo al costo directo del método para soporte del suelo, resulta más económico, y terminando con el más costoso.

PILOTES CON ENTABLADO.- Es el sistema más atractivo, de acuerdo al análisis económico. Se emplea donde no se requiere el control de infiltraciones del nivel de aguas freáticas, y el movimiento del suelo es permitido. Es usado principalmente para apuntalar cimentaciones existentes, o cuando en la excavación se encuentran tuberías de servicios. Este sistema es empleado especialmente en suelos granulares. El problema que surge con el sistema, es debido a que, al infiltrarse el agua por las uniones del entablado, arrastra los finos que forman el suelo, produciendo asentamientos, que pueden dañar la cimentación existente. Por lo cual, la excavación, deberá contar con un eficiente sistema de desagüe, que se controlará; para no causar asentamientos, debido al descenso del nivel freático. Este sistema permite, una vez concluidos los trabajos, el retiro de los pilotes, que se podrán utilizar posteriormente.

PILOTES CON PANTALLA METALICA.- Este sistema, semejante al anterior pero mejorado, debido al uso de la pantalla metálica que al unir secciones, sella; impidiendo la entrada del agua del subsuelo. Aporta mayor resistencia al movimiento del suelo. Es un elemento flexible que permite su uso en excavaciones no muy profundas. Presenta la desventaja, en comparación con el sistema anterior, que no se puede usar en los casos de obstrucción por tuberías de servicios subterráneos, o en suelos duros. El equipo empleado para su hincado produce mucho ruido y vibraciones.

MUROS DIAFRAGMA.- Es un sistema permanente para soporte del suelo es sumamente eficaz para controlar la infiltración del nivel freático por las paredes hacia la excavación. El ahorro que este sistema aporta, es debido a que una vez construidos permite continuar la construcción sin problemas, en seco y rápidamente. Es un sistema --

aplicado en suelos difíciles con problemas hidrológicos permite su uso en excavaciones profundas y actúa también como sistema de apuntalamiento para estructuras existentes. El método para su fabricación no es tan ruidosa y no produce vibraciones que resulten en molestia y peligro para el medio. Los movimientos del suelo y los asentamientos se pueden eliminar o controlar usando arriostramientos diagonales que cosen las paredes de la excavación al muro.

Las desventajas de este sistema, consisten debido al método usado, en la congestión del área que obstaculiza la circulación. Además el acabado final de los muros es rugoso ya que es influencia del tipo del suelo. Por lo delicado del método se requiere una estricta inspección y supervisión al momento del proceso, tanto de excavación como de colado, y además se requiere para la buena ejecución del sistema de un operador para el equipo de excavación, con mucha habilidad y bastante experiencia.

TRATAMIENTO DEL SUELO

GROUTEO.— Este sistema resulta sumamente costoso y consiste en adición a los suelos granulares de un producto que contiene cementantes expansivos de alta resistencia, con la finalidad de reducir su permeabilidad y aumentar su resistencia. También aumenta la capacidad de carga de los suelos plásticos. De acuerdo a las necesidades, pueden emplearse mezclas cemento-bentonita-grout, o grout con alto contenido de silicatos y sodio.

REVESTIMIENTO DE CONCRETO LANZADO.— Este método se usa, para recubrir el suelo como control inicial, y es necesario analizar la compatibilidad del sistema con el método de excavación. Es usado frecuentemente como un recubrimiento secundario, para las excavaciones y cubierta de túneles, donde el sistema de soporte inicial son con muros diafragma.

CAPITULO IV

METODO DEL LODO BENTONITICO

Sus primeras aplicaciones, datan desde 1914 y se atribuye, p^{ar}a trabajos de perforación de ingeniería petrolera.

La función principal del lodo bentonítico estriba, en balan-- cear, debido al artesianismo del agua, la infiltración hacia la ex cavación, y a la vez, funciona como soporte de las paredes con es-- tratigrafía de suelos inestables. Para cumplir con tal fin se re-- quiere un control estricto de las propiedades del lodo estabiliza-- dor.

Para la construcción de muros diafragma, el método del lodo - bentonítico, se emplea para efectuar la excavación, y para el vaciado del muro con concreto armado. Fué hasta 1950, cuando, después de haber efectuado las pruebas en p^áneles de concreto, se implantó la técnica (ver las secuencias ilustradas para la construcción de muros diafragma). Con aplicaciones principales, como estructuras para retención de suelos, elementos de soporte de cargas, pasos a desnivel para vías de tráfico, túneles, garages y estacionamientos p^úbli-- cos, cimentaciones de naves industriales, y cimentaciones diversas. La implantación del sistema se debe, principalmente a tres factores:

- a).- La disponibilidad en el mercado de la bentonita.
- b).- Factibilidad de su uso para condiciones y situaciones adversas.
- c).- La seguridad de la aplicación práctica y técnica del método aún en los casos imprevistos. Y la facilidad, al - contar con la planta de lodos; incluyendo mezcladora y - desarenadora, para su control de campo, al igual que el control de calidad y resistencia del concreto.

Los muros diafragma tienen tres funciones fundamentales de - acuerdo a su forma de trabajo, para lo cual se hace primordial su uso, donde estas sollicitaciones se presentan:

- 1.- Interceptan las vibraciones y los choques de las ondas del movimiento, lo que protege a las cimentaciones de las cargas diná-- micas.
- 2.- Reduce el movimiento de deslizamiento, entre el suelo y - cimentaciones en plataforma, por lo que impiden los choques entre las cimentaciones. Es decir, sirven como dentellones, para la abso-- ción de los movimientos horizontales.

3.- En excavaciones profundas; con área extensa por cimentar al colocarse como barrera perimetral, sirve como elemento de retención del suelo y su carga hidrostática; para garantizar la seguridad al operar con maquinaria, contra desgajamientos ocasionados por vibraciones y movimientos bruscos diversos.

Cuando el lodo bentonítico actúa estabilizando las excavaciones, se observan los siguientes aspectos.

a).- En la excavación de la trinchera, el lodo bentonítico forma una pasta con características impermeables, que se mezcla, con el suelo y ejerce sobre las paredes una presión hidrostática, que impide la entrada del agua, proveniente de las paredes de la excavación.

b).- El lodo bentonítico, penetra en los poros del suelo, sellando los espacios, por donde se filtra el agua hacia adentro de la excavación. Esta característica de ocupar los vacíos del suelo en las paredes, se debe al fenómeno de electrósmosis.

c).- El lodo bentonítico, forma una pasta, que funciona como enjarre en las paredes, vinculando los granos individuales que constituyen el suelo, manteniéndolos firmemente en su posición.

d).- Al excavar con equipo de percusión o rotatorio, se compacta el suelo que se localiza inmediatamente enseguida del suelo cortado, lo que incrementa la estabilidad de las paredes, además, la acción cinemática del bote o cuchara favorece que el suelo se impregne de bentonita y se forme la pasta impermeabilizadora.

e).- Permite, debido a la diferencia de densidades, la colocación del concreto con ayuda de un tubo tremi, concreto que al vaciarse, desplaza al lodo bentonítico sin contaminarlo y por lo tal sin afectar su resistencia.

f).- Al sedimentarse en los tanques, una vez recirculado, permite con ayuda de un agitador con tamiz o un separador centrífugo, la extracción de los sólidos adquiridos en su uso.

La bentonita se usa en concentraciones dentro del rango de 3 a 10 %, aunque esta concentración, dependerá, del tipo de bentonita con la que se disponga y de las características de fluidez requerida para la ejecución de la obra con el método. Se ilustra una tabla que nos muestra la variación de las propiedades del lodo, de acuerdo a la concentración de bentonita (Bentonita Japonesa). Para definir la concentración, se requiere efectuar pruebas a mezclas propuestas y variar esta, hasta lograr las propiedades deseadas. (ver ilustración 4.1.)

El lodo bentonítico es una suspensión estable de bentonita sódica con agua, de tipo tixotrópico por presentar resistencia al corte en reposo y no presentarlo cuando está en movimiento; el paso del sol a gel es reversible.

La costra ("Cake") es, una película de pequeño espesor constituida por moléculas de lodo que se forma en la frontera lodo-suelo y forma una membrana impermeable y resistente. Esta capa se produce debido a la tixotropía del lodo al pasar de sol a gel y a las fuerzas electroquímicas y de tensión capilar que se generan entre el lodo y el suelo.

La bentonita es un mineral de arcilla perteneciente al grupo de las montmorilonitas cuya composición química es $(OH)_4Si_8Al_4O_{20} \cdot nH_2O$, están formadas por una lámina aluminica entre dos sílicas, superponiéndose indefinidamente. La unión entre las retículas del mineral es débil y las moléculas de agua se introducen en la estructura por naturaleza dipolar. Esta adición de agua incrementa el volumen de los cristales produciendo expansión. Son de tamaño coloidal (menor de 0.2 micras). Existen, la bentonita sódica y la bentonita cálcica esta última, no es usado debido a que reacciona con el cemento. Son originados por la descomposición química de las cenizas volcánicas. Y se obtienen del proveedor con el grado de finura requerida para sus diferentes usos. La bentonita usada para los trabajos de cimentación de los hornos de recalentamiento del laminador de placa, fué de la marca "Arcillas Procesadas, S.A." unidad "pedriña" que procede del estado de Durango.

CONCENTRACION	DENSIDAD	VISOSIDAD, cp		RESISTENCIA DE GEL	
		ELASTICA APARENTE		INICIAL	10 MINUTOS
10	1.055	21	28	1.2	1.2
12	1.065	32	53	3.5	4.5
14	1.075	51	34	14	18
16	1.085	63	134	28	35
18	1.095			68	91

NOTA: ENSAYES HECHOS CON BENTONITA JAPONESA

CONCENTRACIONES DE BENTONITA Y VARIACION DE LAS PROPIEDADES

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	ILUSTRACION 4.1
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Corral O.E.

EFFECTOS ANTE LA PRESENCIA DE SAL EN LAS EXCAVACIONES.- El uso de la bentonita, se ve afectada por la presencia de una alta concentración de sal en las excavaciones. Esto se pone de manifiesto en construcciones que conectan con la presencia de agua de mar, que tiene un contenido normal de 35 gr. de cloruro de sodio (NaCl) por litro. Cuyos efectos pueden producir la solidificación del lodo, disminuye en gran proporción su fluidez, desaparece la tixotropía y también se anula su efecto de abundamiento, esto podría combatirse no del todo, en presencia del cloruro de calcio y otras soluciones con valencia alta de cationes.

Al contrario, en concentraciones bajas de sal; que podrían considerarse con un contenido no mayor de 10 gr. de cloruro de sodio por litro, esta actúa como un suave floculante y aumenta inicialmente la viscosidad aparente y su resistencia.

PROPIEDADES DE FLUIDEZ.- La suspensión de bentonita en agua, contiene menos de 1 % de sólidos coloidales libres y flotando en el fluido, - una concentración mayor que esta, afecta las características de tixotropía y sus propiedades de fluidez.

La bentonita posee la capacidad de intercambio iónico, al efectuarse, el intercambio iónico con el sodio, se produce una suspensión tixotrópica. En el estado de reposo, la suspensión de bentonita sufre una solidificación, que al revolverse vigorosamente recupera su fluidez de líquido, después, nuevamente en estado de reposo vuelve a su consistencia gelatinosa hasta solidificarse. El tiempo de fraguado depende de la concentración coloidal y de la composición del fluido en suspensión.

DILUYENTES Y DISPERSANTES.- Los materiales que se usan frecuentemente como agentes diluyentes y dispersantes son; polifosfatos de sodio, - quebracho, taninos, lignina y calcio o lignosulfatos de cromo. A los que se debe adicionar sodio humate y ferrocromo lignosulfato de sodio (FCL). Estos agentes pertenecen a la cadena de los polímeros.

El uso de polifosfatos de sodio no se recomienda cuando existan iones de calcio en las suspensiones; material que los contiene es el cemento, ya que en esta reacción los iones de sodio se sueltan, y se integran los iones de calcio (Ca^{2+} por Na^+) eliminando la acción flocculante (No asentamiento de los sólidos en suspensión), dispersando y disgregando las soluciones, es decir que los polifosfatos actúan mejor como dispersantes que como diluyentes.

Quebracho, lignina y taninos funcionan como agentes diluyentes en concentraciones con alto contenido de electrólitos. En excavaciones profundas, un alto contenido de pH es requerido para prevenir la dispersión en la formación natural de las arcillas. La tanina, y a altas temperaturas que frecuentemente se encuentran en excavaciones profundas, tiende a solidificar el lodo

El ferrocromo lignosulfonato de sodio (FCL), es un derivado del lignosulfonato de cromo (CLS). Su presentación es en polvo negro. Se emplea cuando la bentonita usada es natural sin tratamiento y ayuda a resistir los efectos del cemento sobre el lodo al momento de colar con concreto, también neutraliza los efectos del agua de mar. Con esto se controla la viscosidad y se previene el excesivo fraguado causado por la acción de los iones de calcio y de la sal. Se aplica en pequeñas cantidades, del orden de 0.1 a 0.3 por ciento en peso.

FLOCULANTES Y POLIELECTROLITOS. Se usan para dar cuerpo a los lodos ligeros, dentro de un sistema flocculado. Se hace mas evidente, cuando la arcilla es sensibilizada por la adición de un polielectrólito orgánico. Los polielectrólitos en altas concentraciones envuelven a las partículas coloidales estabilizandolas y dándoles resistencia ante las sales. El proceso se facilita si se agrega primero una cierta cantidad de sal a la suspensión y posteriormente se agrega el polielectrólito.

CARBOXI-METIL-CELULOSA DE SODIO (CMC). Comercialmente se produce con variedad y grados de acuerdo al tamaño de las partículas. Se dispone de tres tipos básicos : tosco, regular y fino. este elemento aporta a la suspensión, un amplio rango de viscosidad y propiedad de fluidez. Al adicionar CMC y de acuerdo a la concentración, se observa -

como rápidamente se incrementa la viscosidad de la solución acuosa y a la vez, incrementa su resistencia a fluir. Debido al amplio rango de variación de viscosidad y fluidez, para definir la cantidad adecuada de CMC a mezclar con la suspensión de acuerdo a las características deseadas, es necesario efectuar pruebas con mezclas hasta afinar el proporcionamiento adecuado.

Este producto es efectivo, donde se requiera espesar lodos, para estabilizar en condiciones de suelos desfavorables, y combatir filtraciones hacia la excavación. Se pueden lograr viscosidades del orden de 100 a 300 cP. con un proporcionamiento de 1 a 2 % en peso de bentonita a 25°C. Su uso es necesario en soluciones con presencia de sal. En bajas concentraciones una mezcla con CMC vuelve a las suspensiones más sensibles ante los efectos floculantes de la sal. En altas concentraciones, las partículas de arcillas son cubiertas produciendo una acción protectora, que permite una alta resistencia a los efectos de la sal. Con la adición, del CMC el lodo permite un uso prolongado sin perder sus características.

AGUA. El agua que se emplee en las mezclas para los lodos estabilizadores, deberá ser limpia con un mínimo contenido de impurezas, como son : aceites, ácidos, alcalinidad, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Ya que siendo el componente mayor en la mezcla, la propiedad de fluidez dependerá principalmente de la calidad del agua, por lo que, antes de usarse deberán efectuarse pruebas químicas al agua, para definir los agentes dañinos al propósito de su uso. Hasta donde sea posible, deberá evitarse el uso de agua con sal o agua de mar para mezclas. Aunque los efectos varían con concentraciones de cloruro de sodio, a mayores cantidades de 500 PPM o de 100 PPM de contenido de calcio reduce el efecto de abundamiento de la bentonita, además baja la viscosidad y la consistencia gelatinosa del lodo.

CONTROL DE LAS PROPIEDADES DEL LODO BENTONITICO.— Para la eficaz aplicación del método, tres propiedades de los lodos deberán controlarse: (1) viscosidad de la suspensión; (2) fluidez; (3) densidad y peso específico.

VISCOSIDAD.— La viscosidad dinámica expresa la facilidad que tiene una solución para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. Es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas, se expresa en unidades :

1 pascal segundo = 1 newton segundo/metro cuadrado = 1 kilogramo/metro por segundo = 10^3 centipoises. Un centipoise = 10^{-3} pascales segundo.

La viscosidad cinemática (ν) de la suspensión es el cociente entre la viscosidad dinámica (μ) y la densidad (δ).

$$1 \text{ metro cuadrado/segundo} = 10^6 \text{ centistokes.}$$

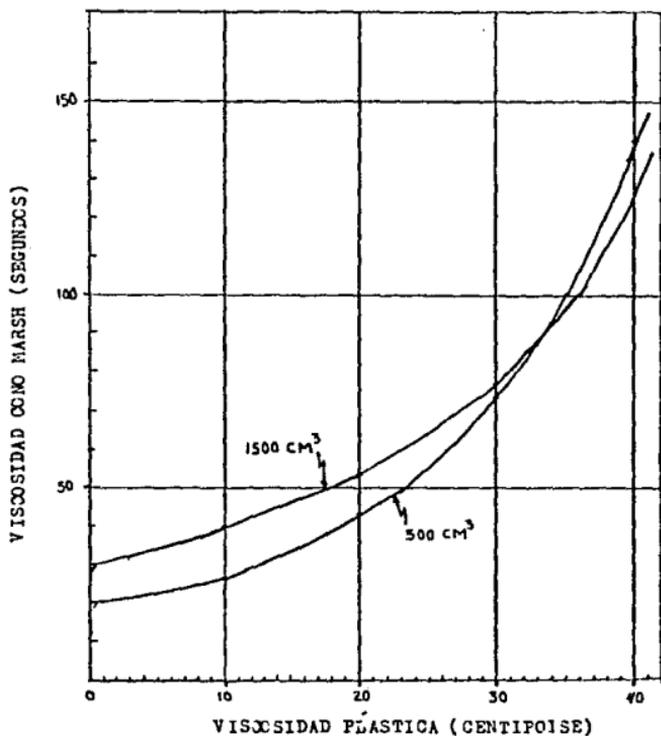
$$1 \text{ centistoke} = 10^{-6} \text{ metro cuadrado/segundo.}$$

$$\nu \text{ (centistokes)} = \frac{\mu \text{ (centipoise)}}{\delta \text{ (gramo por centimetro cúbico)}}$$

Para efecto de control de campo que no requiera personal altamente capacitado, se emplea para medir la viscosidad cinemática de las soluciones, un viscosímetro llamado Cono March, con este tipo de instrumento se determina el tiempo que necesita un volumen pequeño de solución para fluir por un orificio y la medida de la viscosidad cinemática se expresa en términos de segundos. El cono March, tiene medidas estandares y tiene una capacidad de 1500 cm^3 . El tiempo necesario para que fluyan 946 cm^3 de solución a través del cono, será la medida en segundos de la viscosidad cinemática, tomándose como medida comparativa y de calibración, que el agua a una temperatura de 21°C tiene una viscosidad de 26 segundos para el mismo volumen.

Se ilustra una gráfica que contiene información que correlaciona la fluidez por el Cono March en segundos, con la viscosidad dinámica en centipoises. — También se presenta una tabla recomendando viscosidades del Cono March recomendados de acuerdo al tipo de suelo a estabilizar. (ver ilustraciones 4.2 y 4.3)

Otro aparato usado para el control de la viscosidad del lodo bentonítico pero en laboratorio, ya que su uso requiere conocimientos y cuidados al manejar el equipo, es el viscosímetro rotacional. La suspensión es sometida a un esfuerzo cortante entre dos cilindros, uno de los cuales tiene movimiento de rotación. — El gradiente de velocidad al corte de la suspensión, se estima en función de las revoluciones con que gira el cilindro y el diámetro de los dos cilindros.



CORRELACION CONO MARSH-VISCOSIDAD EN cp.

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	ILUSTRACION 4.2
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Correa O. E.

TIPO DE SUELO	VISCOSIDAD DEL COMO MARSH SEG'946 cm ³	
	EXCAVACION	EXCAVACION
	SIN PRESENCIA DE AGUA Y EN PRESENCIA DE AGUA	
ARCILLA	27-32	
ARENA LIMSA		
ARCILLA ARENOSA	29-35	
ARENA CON LIMC	32-37	78-43
FINA A GRUESA	38-43	41-47
CON GRAVA	42-47	55-65
GRAVA	46-52	60-70

VISCOSIDADES RECOMENDABLES

 ENEP ING. CIVIL	ESCUELA NACIONAL DE ESTU DIOS PROFESIONALES ARAGON
	ILUSTRACION 4.3
	Yosio Profesional Rodríguez Cerral O.S.

El aparato llamado FANN V-G METER se usa ampliamente para medir la viscosidad de las suspensiones, la solución es depositada en una taza metálica y colocada en posición, donde quedarán inmersos los dos cilindros. El cilindro exterior funciona como rotor, es decir es el que efectúa el giro mediante un motor eléctrico produciendo que la solución ascienda sobre el espacio restringido entre los dos cilindros, este aparato cuenta con una carátula con escala que nos indica la medida directa, de acuerdo a la velocidad aplicada por el rotor, la fuerza de gel inicial se obtiene con una velocidad de rotación de 600 revoluciones por minuto hasta que se alcanza el equilibrio después aplicando manualmente la rotación para lograr las velocidades lentas. También transcurrido un tiempo de 10 minutos se obtiene la fuerza de gel a este tiempo. La diferencia de las lecturas, primero sometida a 600 revoluciones por minuto y después a 300 revoluciones por minuto, representa la viscosidad plástica en centipoises. La viscosidad aparente, resulta de dividir la lectura obtenida con la velocidad de 600 revoluciones por minuto dividida entre dos. La fuerza de gel es leída en pounds por 100 pies cuadrados.

Para el momento de colado la viscosidad plástica no debiera ser mayor de 20 centipoises.

DENSIDAD Y PESO ESPECIFICO .- La densidad de una solución (δ) es su masa por unidad de volumen, se expresa en unidades - - - - KG x Seg²/m⁴.

El peso específico (γ') de una solución es su peso por unidad de volumen, se expresa en unidades KG/m³. El peso específico del agua a la presión atmosférica es mínimo a 4°C e igual a 1000 KG/m³.

Se puede expresar la densidad en función del peso específico quedando.

$$\delta = \frac{\gamma'}{g}$$

Donde

δ = Densidad

γ' = Peso específico

g = Fuerza de gravedad = 9.81 m/seg²

Téoricamente la densidad del lodo estabilizador deberá mantenerse dentro del rango de 1.04 a 1.15 gr/cm³. El límite superior quedará condicionado por la dificultad de su manejo. Al término de la excavación la densidad se ve afectada y podría alcanzar una densidad hasta del orden de 1.25 gr/cm².

Para control en campo de la densidad de las soluciones, se emplea la balanza de lodos que se maneja fácilmente y permite en la medición una exactitud de aproximación hasta de ± 0.1 lb/gal. Este aparato es comunmente usado, ya que da las lecturas directas, se calibra con agua fresca dando una lectura de 8.33 lb/gal (1 gramo/centímetro cúbico) a 21°C.

PORCENTAJE DE HIDROGENO PH.— Dos métodos se utilizan para determinar el ph de las sustancias: el primero es el método colorimétrico modificado usando una tira de papel de prueba especial. Este método no es confiable si la prueba contiene una alta concentración de sal.

El segundo método llamado electrométrico usando electrodos de vidrio este método no es recomendable para suspensiones con concentraciones altas de iones de sodio a menos que se utilicen con electrodos especiales.

El ph deberá conservarse en los rangos de 7 a 10 en el proceso de excavación, al momento de efectuar el colado con concreto, por la presencia del cemento el ph se eleva, pero se controlará que no exceda de 12.

CONCENTRACION DE BENTONITA.— Esta depende del peso específico de la bentonita disponible, la expresión siguiente nos proporciona la concentración de bentonita expresada en peso.

$$Cc = \frac{\text{Kilogramos de bentonita}}{100 \text{ Kg de agua}} \times 100$$

No deberán permitirse concentraciones menores de 4% de bentonita que nos proporciona una resistencia de gel a 10 minutos, de 15 libras por 100 pies cuadrados, resistencia mínima que soporta a las partículas de arena de 1 mm, de tamaño de grano en suspensión. En -

formaciones de grava se requiere aumentar significativamente la con
centración de bentonita para aumentar también la resistencia del -
gel. El límite superior para las concentraciones de bentonita se -
mantendrá de 10 a 12 por ciento.

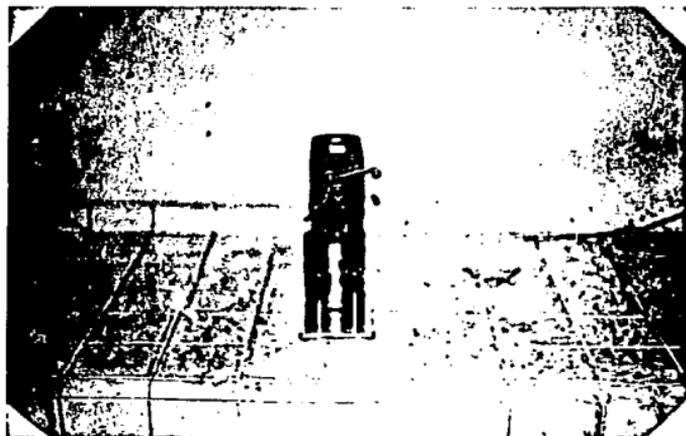
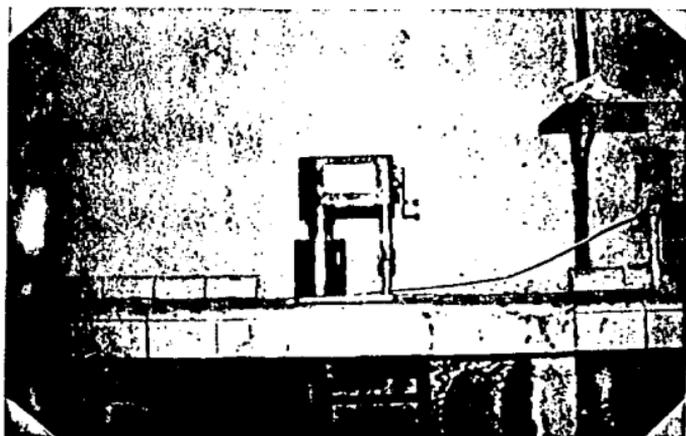


UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
	ARAGON

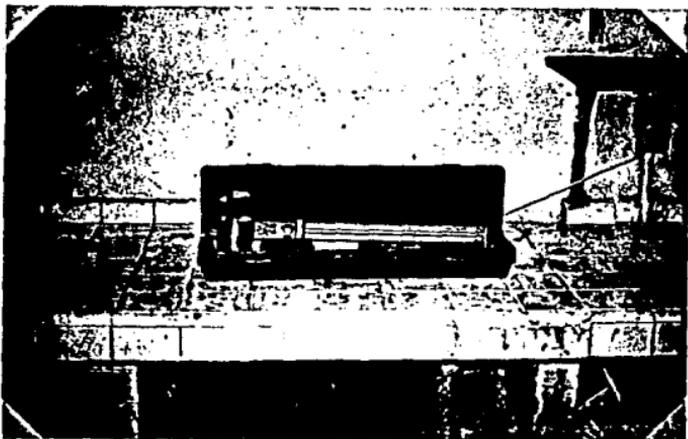
ENEP

CONO MARSH

ING. CIVIL



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	VISCOMETRO
ING. CIVIL	FANN V-G METER



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ABAGÓN
ENEP	BALANZA DE LODOS
ING. CIVIL	

EFECTO DE LAS CONDICIONES DEL SUELO SOBRE LAS PROPIEDADES
DEL LODO BENTONITICO.

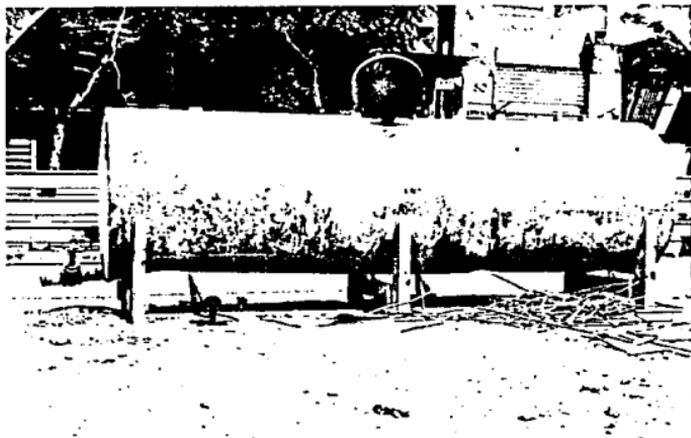
Las condiciones del suelo definen las propiedades requeridas en el lodo bentonítico. El tipo del suelo, su resistencia, permeabilidad, cohesión en contenidos bajos o altos de agua, contenido de sal o materiales agresivos existentes en el suelo y en el agua freática, existencia o ausencia del nivel freático, son las características - del suelo que deberán considerarse para dosificar los lodos.

Un lodo bentonítico con concentraciones de 3 a 6 por ciento puede cumplir su función de retención en un suelo con permeabilidad de 10^{-1} a 10^{-2} cm/seg., para suelos de mayor permeabilidad es necesario utilizar lodos mas densos. En suelos con permeabilidad excepcional (mayor de 5 cm/seg) para combatir la pérdida de lodo estabilizador y - obtener el sello de los poros, se requiere el empleo de agentes químicos adicionados con concentraciones altas de bentonita.

Los suelos muy permeables cuyo nivel freático se encuentra bajo, tendrán pérdidas de lodo estabilizador muy alto, agravandose la situación si el nivel freático es abatido rápidamente previo a la excavación, por lo que se requerirán de químicos que ayuden a sellar y taponear los poros del suelo.

La excavación en arcillas blandas de baja cohesión, presentan -- problemas causados por el desgajamiento de las paredes y mezclado - con el lodo estabilizador, aumentando el nivel de contaminación de este, poniendolo en un grado que resultaria sumamente costoso el - tratamiento para su recuperación y reuso, por lo que irremediablemente se optaria por desechar el lodo contaminado, y reemplazarlo - con lodo nuevo.

La excavación en suelos con formaciones naturales de sal o con - presencia de agua de mar, requiere el uso de bentonita sódica y - agentes químicos para combatir el efecto de la sal, en estas situaciones se requiere efectuar pruebas de campo periódicas para control de las propiedades del lodo, ya que el lodo con presencia de la sal se flocula o tiende a formar grumos.



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	TANQUE PARA LODO BENTONITICO
ING. CIVIL	

En los casos donde de acuerdo al perfil estratigráfico, la capa superior del suelo, está formado por material cohesivo y las capas subsecuentes por material granular. Al inicio de la excavación podrá utilizarse un lodo estabilizador delgado y una vez que en el proceso de excavación se aproxime a la capa granular suministrar un lodo con alta viscosidad con resistencia de gel adecuada para efecto de detensión del material granular.

PROPORCIONAMIENTO DEL LODO BENTONITICO.- La definición del proporcionamiento de las partes que integran un lodo estabilizador; (1) - agua fresca y libre de impurezas; (2) un sólido coloidal que es la bentonita; (3) agentes químicos para mejorar las propiedades de la suspensión; (4) partículas no coloidales provenientes de las excavaciones que se suman al lodo, formando en un instante parte de él, - deberá cumplir a la vez con los requerimientos de funcionalidad y - economía.

El proporcionamiento se efectúa para combatir la capa más crítica del suelo presentado de acuerdo al perfil estratigráfico. Se proporciona una tabla que basándose en la experiencia en campo, recomienda el uso de viscosidades medidas con el cono marsh de acuerdo al suelo por retener. También, se proporciona una tabla que nos muestra la tendencia al colapso de los suelos más comunes que se presentan en la práctica en obras. (ver ilustración 4.4.)

Una vez definida la viscosidad del cono marsh a usarse de acuerdo a la tabla que considera el tipo de suelo en que se excavará, se harán pruebas en laboratorio con la bentonita con que se disponga a diferentes concentraciones agua-bentonita hasta lograr la viscosidad buscada. A continuación se presentan las pruebas de laboratorio efectuadas para la definición de la dosificación del lodo estabilizador, usado para la construcción de los muros diafragma para la cimentación de los hornos de recalentamiento del laminador de placa.

Se estableció, debido al tipo de suelo una viscosidad mínima medida en el cono marsh de 43 seg..

PROCEDIMIENTO.- El procedimiento usado fué en términos generales el siguiente :

TIPO DE SUELO	TENDENCIA A LA FALDA EN PAREDES	
	SIN PRESENCIA DE AGUA	CON PRESENCIA DE AGUA

ARCILLA	NINGUNA	NINGUNA
LIMO	USUALMENTE NINGUNA	ALGO
ARENA FINOSA	ALGO	APRECIABLE
ARENA FINA(HUMEDA)	APRECIABLE	APRECIABLEMENTE ALTA
ARENA GRUESA	APRECIABLEMENTE ALTA	ALTO
GRAVA-ARENA	ALTO	MUY ALTO
GRAVA	MUY ALTO	MUY ALTO

TIPO DE SUELO EN PAREDES
Y TENDENCIA AL COLAPSO

UNAM ENEP	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
	ILUSTRACION 4.4
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Corral O.E

Se preparó la mezcla de bentonita-agua hasta lograr la viscosidad deseada en el cono marsh.

Se midió en la balanza de lodos la densidad de la mezcla.

Sometiendo la mezcla a temperatura alta se efectuó el peso húmedo primero y seco después, para definir en peso la cantidad de agua y bentonita.

La bentonita ensayada fué de la marca "Arcillas Procesadas, S.A." unidad "Pedriceña" que procede del estado de durango.

ENSAYE N° 1

Viscosidad medida en el Cono Marsh = 47 seg.

Densidad medida en la balanza de lodos = 1.06 Gr/cm^3

Cálculo del peso específico utilizando una probeta de 100 cm^3 y mismo volumen de mezcla.

Peso de probeta = 70.8 Gr.

Peso probeta + lodo = 176.3 Gr.

Peso específico = $\frac{176.3 - 70.8}{100} = 1.055 \text{ Gr/cm}^3$

Cálculo de la cantidad de agua y bentonita.

Peso de la charola = 549.5 Gr.

Peso de la charola + lodo = 1578.7 Gr.

Cantidad de lodo de prueba = $\frac{1578.7 \text{ Gr.} - 549.5 \text{ Gr.}}{1.055 \text{ Gr/cm}^3}$
= 975.5 cm^3

Peso de espátula para remover = 36.8 Gr.

Peso de charola + espátula + residuos = 680 Gr.

Peso del agua evaporada = $1578.7 + 36.8 - 680 = 935.5 \text{ Gr.}$

Volumen de agua = 935.5 cm^3

Peso de la bentonita seca = $680 - 549.5 - 36.8 = 93.7 \text{ Gr.}$

975.5 cm^3 (lodo) = 1000 000 cm^3 (lodo)

93.7 Gr (bentonita) XB Gr. (bentonita)

XB Gr. (bentonita) = $\frac{(93.70)(1000 \text{ 000})}{975.5} = 96053 \text{ Gr.}$

Entonces : 1 m^3 de lodo contiene 96.05 Kg. de bentonita

$$\frac{975.5 \text{ cm}^3 \text{ (lodo)}}{935.5 \text{ Gr. (agua)}} = \frac{1000 \text{ 000 cm}^3 \text{ (lodo)}}{XA \text{ Gr. (agua)}}$$

$$XA \text{ Gr. (agua)} = \frac{(935.5) (1000 \text{ 000})}{975.5} = 958,995 \text{ Gr.}$$

Entonces : 1 m^3 de lodo contiene 0.959 m^3 de agua.

$$\text{Concentración de bentonita} = Cc = \frac{96.05 \text{ Kg. (bentonita)}}{959 \text{ Kg (agua)}} \times 100$$

$$Cc = 10 \%$$

ENSAYE N° 2

Viscosidad medida en el Cono Marsh = 42.6 seg.

Densidad medida en la balanza de lodos = 1.045 Gr/cm³

Cálculo del peso específico utilizando una probeta de 100 cm³ y mismo volumen de mezcla.

Peso de probeta = 70.8 Gr.

Peso de probeta + lodo = 174.8 Gr.

$$\text{Peso específico} = \frac{174.8 - 70.8}{100} = 1.04 \text{ Gr/cm}^3$$

Cálculo de la cantidad de agua y bentonita

Peso de la charola = 547.2 Gr.

Peso de charola + lodo = 1580 Gr.

$$\text{Cantidad de lodo de prueba} = \frac{1580 - 547.2}{1.04} = 993.08 \text{ cm}^3$$

Peso de charola + residuos = 620 Gr.

Peso de agua evaporada = 1580-620 = 960 Gr.

Volumen de agua de la prueba = 960 cm³

Peso de la bentonita seca = 620-547.2 = 72.8 Gr.

$$\frac{993.08 \text{ cm}^3 \text{ (lodo)}}{72.8 \text{ Gr (bentonita)}} = \frac{1000 \text{ 000 cm}^3 \text{ (lodo)}}{XB \text{ Gr (bentonita)}}$$

$$XB \text{ Gr (bentonita)} = \frac{72.8 \times 1000 \text{ 000}}{993.08} = 73,307.3 \text{ Gr.}$$

Entonces : 1 m^3 de lodo contiene 73.31 Kg de bentonita

$$\frac{993.08 \text{ cm}^3 (\text{lodo})}{960 \text{ Gr (agua)}} = \frac{1000.000 \text{ cm}^3 (\text{lodo})}{Xa \text{ Gr. (agua)}}$$

$$XA \text{ Gr (agua)} = \frac{(960) (1000.000)}{993.08} = 966,689 \text{ Gr}$$

Entonces : 1 m^3 de lodo contiene 0.967 m^3 de agua

$$\text{Concentración de bentonita} = Cc = \frac{73.31 \text{ Kg (bentonita)}}{967 \text{ Kg (agua)}} \times 100$$

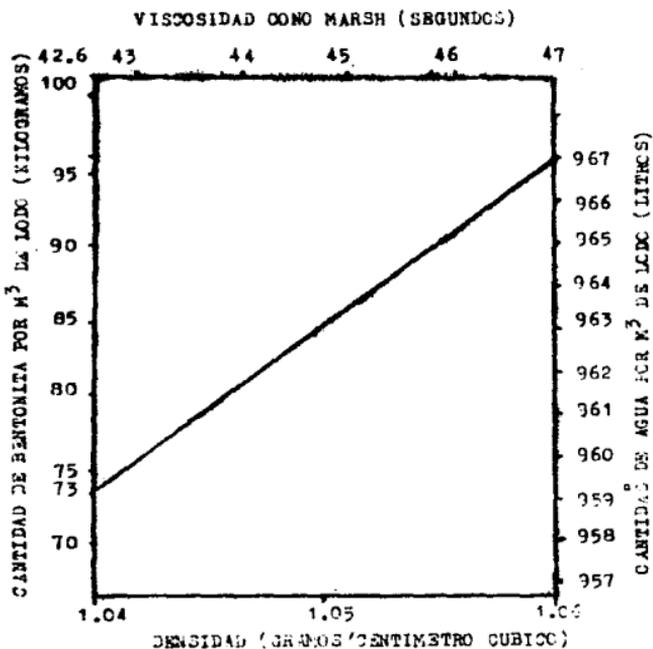
$$Cc = 7.58 \%$$

(ver ilustración 4.5.)

La necesidad de lograr la mayor estabilidad posible de las excavaciones para muros diafragma, que a su vez permitirán la mayor uniformidad de la superficie del muro y quede sin protuberancias que podrían dificultar las maniobras de construcción; hace conveniente proponer el empleo de aditivos químicos para mejorar la estabilidad del lodo bentonítico. Por lo anterior se recomendó agregar carboximetil-celulosa de sodio (cmc) al 1 % en peso de la bentonita; además la inclusión de sosa cáustica de 1.4 % en peso. La sosa se deberá agregar al agua, antes que la bentonita; en cuanto al cmc, primero se disolverá en un poco (litros) de agua y después se incorporará gradualmente al lodo, durante una maniobra de recirculación completa; después se le dejará reposar al lodo del orden de 24 horas.

La dosificación propuesta y los aditivos recomendados han sido ensayados en obras similares, incluso en la primera etapa de SICARTSA en esta misma ciudad de Lázaro Cárdenas, Michoacan, con buenos resultados; se propuso también que el porcentaje de arena admisible de 10 % máximo, permitirá que la incorporación de arena fina al lodo bentonítico, incremente su densidad significativamente y con ello su capacidad estabilizadora.

PREPARACION Y CONTROL DEL LODO BENTONITICO.— El tipo de agua que se emplea para elaborar la solución, representa un factor importante para el logro de las propiedades del fluido. Con agua suavizada (dureza menor de 50 p.p.m. ó 3 granos; 1 grano = 0.0648 Gr) se obtienen, la viscosidad y fuerza de gel con bajas concentraciones de bentonita; en comparación con una solución empleando agua no suavizada, la



NOTA: CUANDO LA DENSIDAD ES DE 1.1 gr./cm³ LA SOLUCION NO FLUYE EN EL CONO MARSH.

CORRELACION MEZCLA-PROPIEDADES

EN EN	ESCUELA NACIONAL DE ESTU- DIOS PROFESIONALES ARAGON
	ILUSTRACION 4.5
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodríguez Corral O. E.

cual requerirá de un 10 a 12 % de concentración de bentonita más al igual que un mayor tiempo para su mezclado, que el empleado con el uso del agua suavizada.

MEZCLADO.- El tiempo de mezclado necesario para una completa hidratación, con la cual la bentonita obtiene las propiedades de - fluidez requeridas, depende del método y equipo disponible. Un parámetro que nos dá indicativos de que la solución se hidrató completamente o no, es la medición de la fuerza de gel a los 10 minutos con el viscosímetro fann. Se considera una mezcla satisfactoria si la fuerza del gel a los 10 minutos es con magnitud alrededor de 36 dynas/cm² ó de 7 a 8 lb/100 pies². En el momento del mezclado la bentonita deberá adicionarse dispersandola sobre el agua agitandola para la integración de la solución, deberán evitarse la formación de grumos.

Existen mezcladoras especiales para lodos, las cuales cuentan con un mezclador mecánico o un tanque, cuya parte inferior tiene - forma de embudo que une a una tubería conectada a una bomba eléctrica, que recirculará la suspensión en el tanque para lograr su mezclado. Los agentes químicos necesarios para mejorar las propiedades de la suspensión, se mezclarán por separado de acuerdo a la solución adecuada, y se adicionará en la mezcladora manteniendose en movimiento por un tiempo más, para producir el efecto de expansión y se obtenga una consistencia uniforme. En la mezcladora se efectúa - la expansión de la bentonita hasta del orden de 92 a 95 por ciento el resto se alcanza horas después de hecha la mezcla, por lo que es necesario dejar en reposo la suspensión para que expanda completamente, antes de su uso.

VOLUMEN REQUERIDO DE LODO BENTONITICO.- En el proceso del método se requiere valorar la cantidad de lodo bentonítico necesaria, en la ejecución de las excavaciones y el colado con concreto, para lo cual se deberán considerar los siguientes aspectos que causan pérdidas de la solución: (1) La filtración de los suelos y la impregnación en el material que se desecha en la excavación; (2) desperdicios al efectuar los movimientos de entrada y salida del equipo de excavación y también al separar los sólidos que se integran a la suspensión, (3) derrames y desperdicios en los brocales en el proceso de recirculación.

La experiencia adquirida, reforzada con la siguiente fórmula semiempírica propuesta por un ingeniero japonés en 1976 de nombre - - NAKAYAMA, es útil para calcular el volumen del lodo bentonítico a - emplear.

$$V_s = \frac{V_e}{n} + \frac{V_e}{n} \left(1 - \frac{K_1}{100} \right) (n-1) + \frac{K_2}{100} V_e$$

Donde :

V_s = Volumen requerido de lodo bentonítico

V_e = Volumen total de la excavación

n = Número de paneles

K_1 = Porcentaje de volumen de lodo recuperado una vez colado con concreto (En %)

K_2 = Porcentaje de volumen de lodo bentonítico que se pierde por las razones expuestas (en %).

CONTROL DE CAMPO DEL LODO BENTONITICO.- para garantizar que durante el proceso del método, el lodo bentonítico no pierda sus propiedades estabilizadoras, deberán efectuarse con periodicidad durante las diferentes fases de la obra por ejecutar, pruebas de campo - cuya sencillez de ejecución no requiera personal especializado y que no destruyan ni desfacen en tiempo los trabajos por realizar. Como guía para el control de las propiedades del lodo, las pruebas se -- efectuarán en las siguientes etapas.

1) Después de completar el proceso de mezclado medir: peso específico, viscosidad con el Cono Marsh y fuerza de gel a los 10 - minutos, porcentaje de arena.

2) Como rutina a través del proceso de excavación, obtener el peso específico y la viscosidad de acuerdo al Cono Marsh.

3) Una vez terminada la excavación checar que el lodo cumpla con el peso específico, viscosidad de acuerdo a Cono Marsh, p_h y porcentaje de arena admisible.

4) Al término del colado con concreto, una vez depositado - el lodo en los tanques verificar las mismas pruebas para efectuar - el tratamiento adecuado para su uso.

CONTAMINACION Y TRATAMIENTO PARA REUSO DEL LODO BENTONITICO.- Durante el uso del lodo bentonítico la solución cambia de color y de apariencia, esto es acompañado de un cambio de densidad y separación de la solución perdiendo su propiedad tixotrópica y dificultando su bombeo. Este cambio en las propiedades del lodo, se deben principalmente a la introducción de material del suelo y cemento en la suspensión del lodo bentonítico. Se deberá dar un tratamiento de acuerdo al tipo de material que se halla incluido.

1) Partículas de suelo.- Las partículas de suelo que se adicionan a la suspensión en el proceso de excavación, aumentan la densidad pero afectan las propiedades de fluidez. Si el material que se suma a la suspensión es arcilla natural, esta aumentará la viscosidad de la solución y elevará desproporcionalmente la fuerza de gel. Para solucionar este problema la solución deberá tratarse adicionando agua fresca al recircular en los tanques la suspensión, si esto no restaura las propiedades del fluido pueden agregarse thinners o disolventes en concentraciones en peso dentro de los rangos de 0.05 a 0.30 por ciento. Este proceso de adelgazamiento del lodo bentonítico no debe aplicarse directamente en la excavación. Si la cantidad de arcilla natural procedente de la excavación es excesivamente alta será necesario, por el costo del tratamiento, desechar este lodo contaminado y usar un lodo bentonítico nuevo con agua fresca.

Si es arena el material que se incluye en la solución, la viscosidad se eleva irregularmente, si la concentración de arena, es muy alta, bajará la fuerza de gel. Si el agua freática o agua de lluvia se incorpora, la suspensión se diluirá bajando la viscosidad y reduciendo su fuerza de gel. Esto último se soluciona balanceando la solución con un agente químico llamado carboxi-metil-celulosa de sodio (cmc), si el porcentaje de arena es excesivamente elevado, toda la suspensión deberá recircularse y tratarse con equipo mecánico que efectuó un tratamiento de desarenado de la suspensión.

2) **Materia Orgánica.**- En los casos donde existe contaminación con aguas negras, si el lodo estabilizador es a base de arcillas naturales, no existirá afección alguna ya que dicho material es resistente a ellas. Las bentonitas tratadas presentan reacciones adversas que afectan sus propiedades estabilizadoras, por lo cual se deberá evitar el contacto con las aguas negras.

PRESENCIA DE CEMENTO.- La contaminación del lodo bentonítico con cemento es el más serio y frecuente problema. Los iones de calcio del cemento son intercambiados con los iones de sodio de la bentonita. Ocurre con diferentes grados durante el colado con concreto, produciendo que la capa conocida como cake se engrose ya que aumenta la viscosidad causando pérdida por este proceso de la suspensión. La solución consiste en agregar un agente químico llamado ferrocromo lignosulfato de sodio (fcl). Los lodos con mayores concentraciones de bentonita resisten mayormente la acción de los cementos y responden mejor a la inclusión del fcl.

PRESENCIA DE SAL.- Con la presencia de este elemento, las suspensiones de lodo bentonítico reaccionan de acuerdo a su concentración de la siguiente manera : (1) decese la viscosidad y disminuye su fuerza del gel. (2) Se incrementa agudamente la viscosidad y fuerza de gel ocasionando efectos de floculación; (3) se pueden presentar en sucesión las reacciones anteriores. En campo, la afección más común por presencia de la sal es la de flocular la suspensión. Situación que puede contrarrestarse con la adición de sustancias peptizadoras como el fcl.

EXCAVACION DE LAS TRINCHERAS.

La actividad que mayor impacta el costo directo para la construcción de los muros diafragma por el método del lodo bentonítico, es sin duda la excavación de las trincheras, dado el costo de renta del equipo, operación y mantenimiento del mismo así como el manejo del material excavado, equipo para recirculación de lodos y tratamiento de separación de material extraño a la suspensión.

Existe en el mercado de la construcción equipos especialmente diseñados para trabajos de acuerdo al tipo de suelo a excavar y magnitud de las trincheras. El uso del equipo adecuado, si bien afecta aumentando el costo directo de los trabajos; con su uso se lograrán beneficios representados, por la eliminación de problemas surgidos por modificaciones e improvisaciones en la adecuación de dispositivos en el equipo convencional usados para la excavación de trincheras, que redundará en el tiempo de ejecución de los trabajos y disponibilidad del área para la continuación del proyecto.

EQUIPO

Se describen para su elección el equipo usado de acuerdo a las condiciones tanto de diseño así como de las propiedades del suelo a excavar.

Retroexcavadora.- Este equipo que consiste en un brazo con cucharón como pala mecánica, montado en tractor de oruga de neumáticos, traspalea y carga directamente a los camiones volteo. Es uno de los equipos convencionales para cualquier tipo de excavación. Su uso es técnica y económicamente aconsejable hasta profundidades de 10 M., que es establecido por el alcance del brazo o tiro, que varía según el modelo del equipo, en su parte posterior puede contar con otros tipos de aditamentos. El ancho de mordida es como medida estandar aproximada de 1.7M. Para su selección deberá considerarse la densidad y dureza del suelo interpretado en función de la potencia necesaria del equipo.

Máquina con cucharón de dos hojas.- Es conocido como almeja o de quijada, tiene un rango alto de peso ó volumen excavado, por la capacidad de la almeja, se le equipa con unos ganchos en los extremos para dar la forma ovoide o medio circular para juntas entre paneles. El lodo bentonítico en la excavación proporciona la estabilidad. Su uso es adecuado hasta profundidades de 25 m. con ancho de trincheras de 38 cm a 84 cm., la velocidad de excavación es establecida por el tipo de suelo.

Otro equipo que es del tipo de cucharón de dos hojas es el conocido como draga, que está formado por dos mitades articuladas, el cual es ampliamente usado por resultar económico, y eficiente método que depende de la experiencia del operador y ofrece una velocidad de excavación aceptable. Su uso es adecuado en suelos densos por la potencia del equipo y la fuerza de cierre de las quijadas. Una mejora en el equipo es lograda, cuando éste cuenta con una barra guía cuadrada giratoria, que cubre con la función de posicionamiento y control del equipo del nivel del terreno hacia arriba, es decir guía la verticalidad durante la operación y provee de un peso adicional al equipo dando mayor estabilidad al mismo y proporciona mayor peso a las quijadas dando mayor fuerza de cierre a éstas.

Este equipo es usado en suelos blandos o medianamente duros, granulares o cohesivos sin boleos, se alcanzan profundidades de excavación hasta de 55 M., limitado no por el alcance del equipo, sino por la dificultad de conservar la verticalidad y garantizar la calidad de las juntas de construcción.

Proporciona de acuerdo a las medidas de quijadas, una medida mínima de 2 M. y máxima aproximada de 6 M.

La secuencia recomendada de excavación para paneles, es en tres fases alternadas, comenzando por los extremos y terminando al centro. Para dar forma de medio círculo a las juntas de construcción

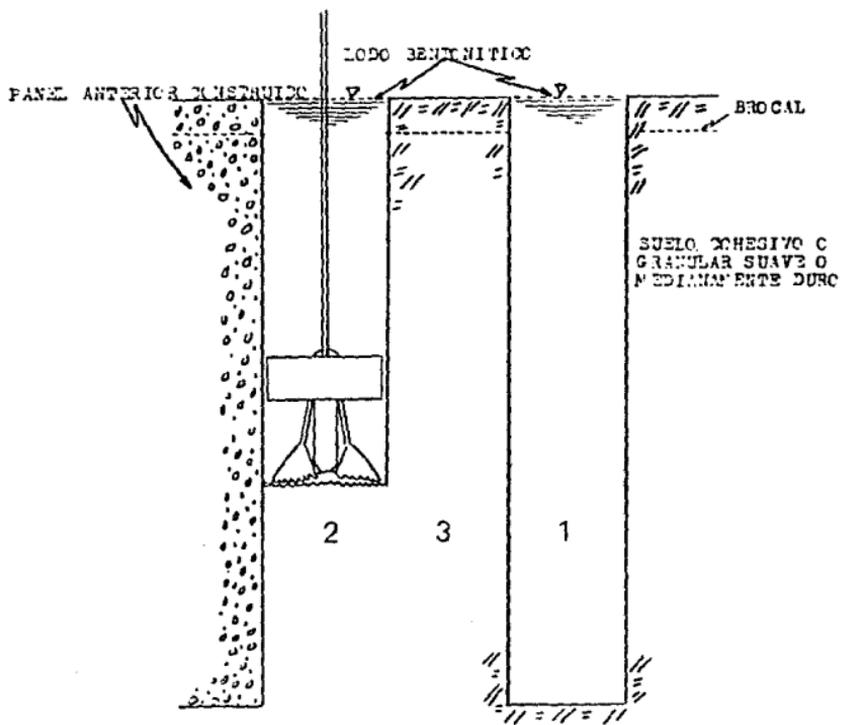
entre serie de páneles, se colocan tubos de diámetro igual al ancho del pánel en los extremos; tubos recuperables una vez colado con -- concreto el pánel. Las quijadas de la draga nos permite ejecutar - excavaciones para páneles con anchos de 60 cm a 150 cms, pero si el diseño nos exige mayor ancho, pueden colocarse a las quijadas aditamentos que amplien la mordida al tamaño deseado. Ver ilustración 4.6

Una vez concluido el proceso de excavación de la trinchera y antes de efectuar el colado con concreto del pánel y tam -- bién una vez terminado de colar, es necesario controlar el porcentaje de arena que se conformó a la suspensión de lodo bentonítico, para eso existe equipo que por medios mecánicos afectan la separación de la arena contenida en la suspensión, el equipo cuenta con cribas- vibratorias que atrapan la grava y partículas grandes de arena, tam- bien cuenta con un separador centrífugo para separación de las particulas más finas.

Equipo de percusión   golpeo.- Es empleado en formación - nes de suelos duros   rígidos, son usados en diseños muy especiales para romper roca o aflojar suelos duros o en situaciones donde otro equipo no resulta efectivo. Su operación resulta lento y costoso, - justificandose para excavaciones con profundidad mayor de 55 m.

Equipo de perforación rotatorio.- Este equipo es capaz - de ejecutar cualquier excavación ya sea en forma de ranura   circular. Es ampliamente usado para la construcción de pilas y pilotes - colados in situ usando el sistema de un vástago giratorio con un -- bote circular con aspas helicoidales que al girar depositan el material cortado dentro del bote, es un método sumamente rápido.

SECUENCIA DE EXCAVACION



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ABAGÓN
ENEP	ILUSTRACION 4.6
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodríguez Corral O. E

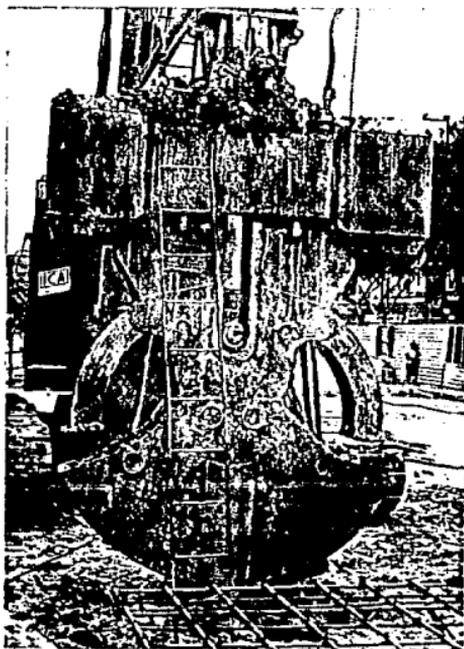
Otro equipo de este tipo, es el nombrado sistema BW, que cuenta con característica estandar de circulación en reversa, es ideal para obras urbanas, permite variar las dimensiones de tal manera que se puede adaptar a espacios reducidos y su peso no causa problemas de sobrecarga en suelos blandos ó sueltos. Sus componentes son ajustables y ofrecen la facilidad de adaptarse de acuerdo a las dimensiones de diseño tanto de ancho como de longitud. Para garantizar su traslado aún en terrenos irregulares, usualmente se monta sobre un tractor de oruga, ya que su fabricación es sobre una estructura fija que tiene una altura total de 7 M y un ancho de 4 M, el motor del barrenador es sumergible y disponible en tres modelos de acuerdo al ancho deseado de la trinchera. Este es un equipo sumamente especializado y desarrollado en el Japón para adaptarse a requerimientos de obras urbanas.

Este sistema es acompañado para excavaciones con profundidades mayores de 30M; con el fin de extraer el material excavado, del mecanismo nombrado "AIR LIFT", cuando el material excavado es un suelo cohesivo, se combina con inyección de agua. Se requiere de un compresor de aire y de una bomba de lodos para evacuación del mismo. El método "AIR LIFT" no es eficiente en profundidades menores de 6M y resulta inoperante su uso en formaciones de grava y arena gruesa.

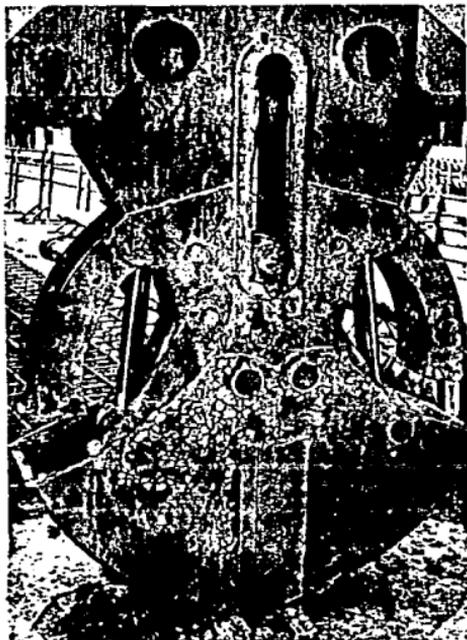
El sistema TBW es una excavadora que opera mediante un vástago giratorio montado en un armazón que efectúa excavaciones rectangulares con extremos cuadrados con ancho de excavación de 60 cm y de 1.5 M ó 1.90 M de longitud este equipo es recomendable para excavaciones con profundidades mayores de 30 m.

FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCION DEL EQUIPO. Una excavación para muro diafragma, debe cumplir con aspectos de calidad como son: Ali-
neación horizontal y vertical, además estos factores deben compagi-
narse con las condiciones del sitio donde se efectúa la obra y las
características del suelo a excavar, que son los factores que nos
gujan para la selección del equipo, en la cual el costo juega un pa-
pel fundamental en la decisión final, además las dimensiones del --
elemento son limitantes para uso de los equipos existentes, de tal
manera que si el equipo elegido no es el adecuado, se reflejará en -
la eficiencia y este en el avance de la obra, por otro lado, aún su-
poniendo una selección adecuada del equipo, sino se cuenta con los
operadores calificados y que sean hábiles en el manejo del mismo, --
se obtendrán resultados similares al de la selección del equipo ina-
decuado.

El equipo seleccionado en la excavación de las trincheras
para muros diafragma de los hornos de recalentamiento del laminador -
de placa, cuya excavación fué hecha para pánels con dimensiones de -
60 cm de ancho, 6 m de largo y 12 m de profundidad, y cuya estrati --
grafia nos muestra formaciones alternadas de arena fina y arcilla - -
blanda, fué un equipo con cucharón de dos hojas llamado aimea, con -
recirculación del lodo bentonítico empleando bombas de succión.



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ABACOM
ENEP	TRACTOR DE ORUGA CON ALMEJA GUIADA
ING. CIVIL	



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ABAGON
ENEP	ALMEJA GUIADA
ING. CIVIL	

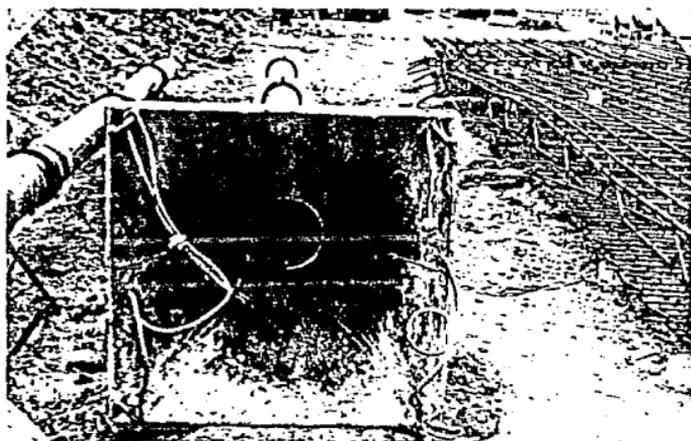
CAPITULO V

COLOCACION DEL CONCRETO CON EL METODO DEL LODO BENTONITICO

Una vez terminada la excavación y comprobado el porcentaje de arena que se aunó a la suspensión de lodo bentonítico, así como verificadas sus propiedades, se colocará en la trinchera el armado del panel correspondiente; armado hecho previamente de acuerdo al diseño, que con la ayuda de una grúa es posicionado y asegurado en su lugar.

El vaciado del concreto, debe realizarse en el menor tiempo posible, evitandose discontinuidades e interrupciones en el proceso, que producen el taponeo de los tubos tremie ó tubo embudo y el endurecido del concreto. Utilizando concreto premezclado se tiene un mayor control de las propiedades del concreto, y garantizando el suministro continuo, nos permitirá vaciar el concreto con una velocidad de 27 M3/Hora por tubo Tremie.

El método es diferente a los métodos comunes usados en los trabajos estructurales, en los cuales el concreto vaciado es vibrado y mecánicamente compactado en moldes ó cimbras hechas expresamente. El concreto para muros diafragma formado por paneles, es vaciado a través de un tubo embudo nombrado Tremie y colocado por gravedad sin vibrarse; lo que permite el desplazamiento del lodo bentonítico por el concreto es la diferencia de densidades entre los dos materiales. En la práctica y con el fin de evitar la contaminación inmediata al vaciado del concreto con bentonita, se suele colocar una pelota de plástico en el tubo Tremie formando esta una barrera que impide al inicio del vaciado, el contacto directo entre bentonita y concreto. La cantidad de tubos Tremie a usar, dependerá de la



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	TUBO TREMIE
ING. CIVIL	

longitud de los páneles pudiendo ser de uno a tres simultáneamente, para lo cual se deberá garantizar un suministro continuo de concreto, para no poner en riesgo que las zonas en que se traslapa el concreto se incomuniquen.

Esta etapa del proceso en la construcción de muros di fragma es la más difícil y más importante face, debido a los efectos que la bentonita no desplazada causa en los elementos estructurales, afecciones que pueden ser motivo de demolisi n del elemento colado.

Para facilitar la colocación del concreto, este deberá ser dosificado con revenimiento alto para que sea más trabajable, pero también cumplir con su resistencia de diseño, lo cual depende de la cantidad de agua y la relación de finos incluyendo el cemento.

Al igual que el lodo bentonítico, el concreto deberá ser sujeto a pruebas de campo para control de sus propiedades. La Prueba de rutina deberá ser la del revenimiento, el cual deberá mantenerse dentro de tolerancias para evitar desde antes de su vaciado, problemas ya sea de segregación   taponeo de los tubos Tremie.

El proporcionamiento del concreto deberá sujetarse a las disposiciones de las especificaciones del ACI (AMERICAN CONCRETE - INSTITUTE).

MANEJABILIDAD DEL CONCRETO. Definiendo esto, como la resistencia al corte o fuerza necesaria para que la mezcla fluya, esta es afectada por las características y cantidad de cemento, graduación y forma de los agregados, cantidad de agua, porcentaje de aire atrapado y el método de mezclado. La prueba de revenimiento se toma como medida de la manejabilidad del concreto, usualmente, aunque existen otras pruebas menos comunes pero también indicativas, como es la prueba de penetración de una esfera o también con la aplicación de golpes con un pisón a un molde el cual contiene la mezcla, y observar que esta no se separe de la masa.

El revenimiento que deberán tener las mezclas para la aplicación del método, deberá conservarse dentro del rango de 18 cm \pm 2

CONTENIDO DE AGUA.- Este concepto debe ser manejado de tal manera que la cantidad de agua nos proporcione el revenimiento deseado, por ejemplo, para un revenimiento de 19 cm. conteniendo la mezcla un tamaño máximo de agregado de 3/4 de pulgada. La cantidad de agua necesaria es de 217 Lt/M³ de mezcla, cantidad que puede ser reducida hasta más de 10 % con el uso de aditivos que incrementan la resistencia del concreto.

GRADUACION DEL AGREGADO.- La tendencia a la segregación, es reducida si el tamaño máximo de agregado adoptado es de 3/4 de pulgada con granulometría uniforme. Aclarando que la consistencia fluida es obtenida cuando el agua es atrapada por el agregado.

CANTIDAD DE CEMENTO.- Debido al elevado contenido de agua y finos que se requieren para hacer una mezcla manejable, es necesario aumentar la cantidad de cemento para poder alcanzar los requerimientos de resistencia, por lo que la relación agua-cemento deberá mantenerse dentro del rango de 0.5 a 0.6 en peso para producir concreto con resistencia de 210 a 315 Kg/cm² a la compresión.

ADITIVOS RETARDANTES.- En el mercado existe una amplia gama de productos, que dan a las mezclas mayor tiempo de manejo en su colocación, esto se requiere debido a las dificultades que se presentan en el proceso de colado. El uso de estos aditivos debe ser limitado ya que estos afectan la resistencia a la compresión del concreto, aunque, existen productos que la ayudan.

AIRE ATRAPADO.- Las mezclas preparadas con inclusión de aire, presentan menor resistencia a la compresión, pero cuentan -- con una plasticidad que le dá mayor manejabilidad aún con contenidos de agua más bajos. Un porcentaje de 1% de aire atrapado permitirá una reducción del orden de 3 % del contenido de agua y una reducción del contenido de arena en una cantidad aproximada o igual -- al volumen del aire atrapado. De tal manera, que la decisión para el uso de mezclas con inclusión de aire, dependerá del sacrificio -- de la resistencia para el logro de la manejabilidad. Ver ilustración 5.1

COLOCACION DEL CONCRETO.- El vaciado con el método del -- lobo bentonítico, se efectúa con la ayuda de tubos embudo o tubos -- Tremie con diámetros de 6" a 10", generalmente son tubos de acero -- pero nunca de aluminio. Como regla establecida para la selección -- del diámetro del Tremie, este será como mínimo 8 veces mayor del tamaño máximo del agregado, para evitar el bloqueo de la mezcla. Los tubos Tremie cuentan con uniones hechas con coples para unir tramos de tubo y lograr las longitudes requeridas, de acuerdo a la profundidad de la excavación, uniones con cierre hermético para evitar -- filtraciones de lodo bentonítico ó pérdida de lechada. La desventaja del método consiste en que el vaciado y acomodamiento del concreto no puede ser checado visualmente. El uso de lodo bentonítico -- nos permite despreocuparnos de que el nivel freático existente nos dañe nuestra mezcla o pueda causarnos segregaciones, la fase peligrosa por la contaminación con bentonita resulta ser, cuando se inicia el vaciado por el contacto directo, pero esto se puede evitar -- con el uso de una pelota colocada dentro de los Tremies, que forma un colchón o barrera entre lodo bentonítico y concreto. Además el vaciado a través de los Tremie debe hacerse simultáneamente y evitando interrupciones prolongadas.

Los Tremies deberán llegar hasta el fondo de la excavación, y al iniciar el vaciado se levantarán para quedar 10 cm separados del fondo; cuando se observe por el Tremie que la mezcla avanza hasta el fondo, el Tremie deberá ser levantado unos centímetros

RELACION AGUA/CEMENTO		RESISTENCIA A LA COMPRESION PROBABLE A 28 DIAS	
LTS/SACO DE CEMENTO	EN PESC	Kg/cm ²	
		CONCRETO SIN AIRE ATRAPADO	CONCRETO CON AIRE
17.5	0.35	422	337
22.0	0.44	351	281
26.5	0.53	281	225
31.0	0.62	225	183
35.5	0.71	176	141
40.0	0.80	141	112

RESISTENCIA A LA COMPRESION

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS DE PROFESIONALES ARAGONES	
ENEP	ILUSTRACION 5.1
ING. CIVIL	
Tests Profesional	Rodríguez Corral O. E.

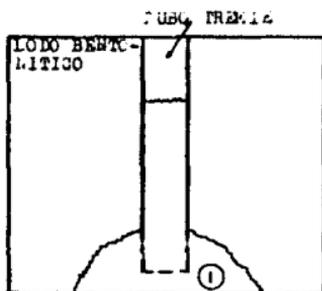
más para permitir que la pelota salga y flote hasta arriba; por medio de sondas es posible detectar el nivel de avance hacia arriba del concreto de tal manera que conforme suba el nivel del concreto, los Tremie deberán ser levantados, pero garantizar que el punto de descarga del Tremie quede sumergido en la masa de concreto un mínimo de 2H. Ver ilustración 5.2

Los defectos más usuales del colado de muros diafragma son: Juntas frías, zonas segregadas o contaminadas con lodo bentonítico, cavidades en los extremos de los paneles en zonas no alcanzadas por el concreto. Ver ilustración 5.3

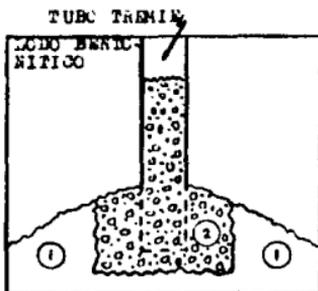
Las juntas frías y segregaciones ó secciones contaminadas con lodo bentonítico, son defectos surgidos por interrupciones ó por el levantamiento del Tremie más allá del límite establecido de sumergencia del Tremie en el concreto. La bentonita atrapada, es debida al bloqueo ó interferencia de armados muy cerrados (Parrillas que forman el pánel de muro diafragma), que impiden la circulación del concreto por esas secciones, también puede ser debido al uso de un concreto poco manejable. Las cavidades son producto de un concreto que no tiene la fuerza requerida para desplazar el lodo bentonítico, es por esto que se planea, de acuerdo a la longitud del pánel el uso de más de un tubo Tremie.

Las reparaciones de los defectos en muros diafragma, deben ser evaluados y de acuerdo a su localización con respecto al nivel freático, pueden ser efectuados con Grout o con concreto de la misma resistencia, previo uso de químicos selladores o adherentes para concreto viejo con nuevo.

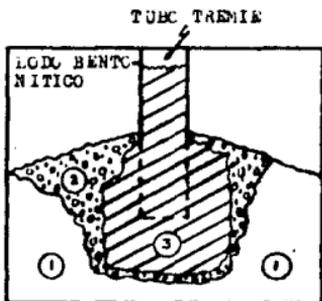
FLUJO DEL CONCRETO



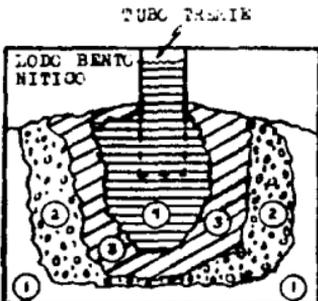
A) VACIADO DE LA PRIMERA CILIA DE CONCRETO



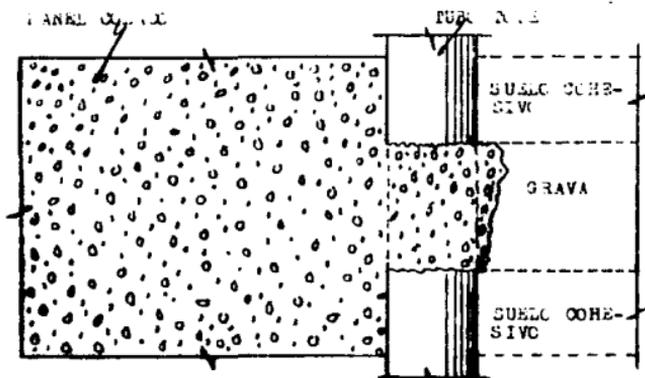
B) VACIADO DE LA SEGUNDA CILIA DE CONCRETO



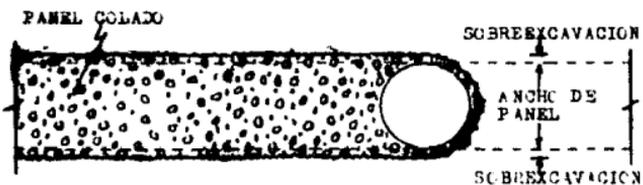
C) VACIADO DE LA TERCERA CILIA DE CONCRETO



D) VACIADO DE LA CUARTA CILIA DE CONCRETO



A) SECCION DE PANEL VISTA EN ELEVACION



B) SECCION DE PANEL VISTA EN PLANTA

PROBLEMAS DE PENETRACION DE CONCRETO

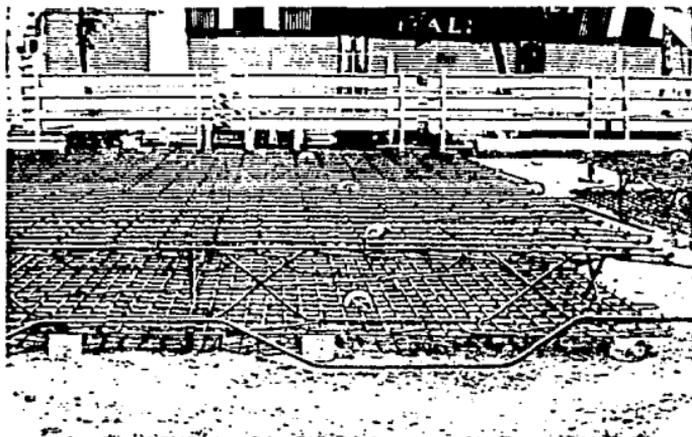
UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ENEP	ARAGON
ING. CIVIL	ILUSTRACION 5.3

ESPACIAMIENTO DE LOS TUBOS TREMIÉ.- Para evitar problemas que surgen debido a la falta de práctica para colar pánéles mediante un solo Tremie, se establece una longitud máxima de pánél -- que puede ser colado con un solo tubo Tremie de 4.5 M. Para pánéles de mayor longitud el espaciamiento entre los tremes; no debe exceder de 4 M. y la distancia libre entre Tremie y extremo del pánél a colar no mayor de 2 M.

DESCABECE DE MUROS DIAFRAGMA.- En el proceso de vaciado, la diferencia de densidades entre el lodo bentonítico y el concreto, evita que estos dos componentes se mezclen, pero existe una zona cuyo espesor varía entre 25 y 50 cm y que es la superficie del concreto que sube de nivel hasta llegar al nivel tope de muro, que se contamina impregnándose de bentonita; razón por la cual al diseñar la altura de los pánéles, deberá darse 50 cm. adicionales a la altura necesaria estructuralmente; altura que será demolida para eliminar la contaminación. Esto es nombrado descabece de muros diafragma.

ARMADO DE LAS PARRILLAS PARA PANELES.- Los armados de los pánéles con acero de refuerzo, deberán efectuarse previamente, es decir; se ensamblarán en posición horizontal y cercano a la excavación de la trinchera, una vez requerido el armado, se levantará con ayuda de una grúa y será colocado en la trinchera excavada para proceder a su colado.

Durante el izaje de la parrilla suelen surgir deformaciones por lo que se previenen colocando al armado, rigidizadores con varilla generalmente del mismo diámetro que la del armado principal y colocados en posición diagonal en ambas caras de las parrillas. En el izaje de las parrillas deberá considerarse un aditamento para que se mantenga vertical y en equilibrio, para esto es necesario que los puntos de izaje sean distribuidos uniformemente, de tal manera que a la grúa lleguen dos cables que al levantar el armado este se encuen-



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ABAGÓN
ENEP	ARMADO DEL PANEL
ING. CIVIL	

tre en equilibrio, evitando deformaciones de la parrilla. También, para garantizar el recubrimiento del armado y que además permitan el deslizamiento de las parrillas una vez posicionados en la trinchera excavada, se colocan unos rodillos hechos con concreto pobre $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$, cuyo centro tiene un barreno el cuál se atraviesa con una varilla, que anclado o sujeto al armado permite el giro del rodillo ; se colocan distribuidos y en ambas caras de la parrilla.

DETALLADO DEL ARMADO.- El armado vertical no deberá tener un espaciamento menor de 15 cm. y preferentemente deberá ser de 20 cm. y el horizontal menor de 30 cm, al menos que sea armado principal. El revenimiento mínimo para el acero de refuerzo que debe mantenerse, será de 7.5 cm. principalmente en la cara que estará permanentemente expuesta al suelo. Las recomendaciones anteriores se establecen para evitar problemas de interferencia del armado en el flujo del concreto, ocasionando cavidades, bentonita atrapada, segregaciones y todo lo anterior ser consecuencia de la reducción de la resistencia del muro diafragma.

Para garantizar el anclaje o empotramientos de los elementos que conforman la superestructura ya sean: muros de recubrimiento, losas de entrepiso, trabes cabecera o cualquier otro elemento; se requiere detallar conectores que pueden ser mediante cajas hechas con cimbra de madera, placas con anclas de redondo liso, ó varillas que se habilitan y colocan como barbas dobladas sin recubrimiento. Estos conectores deberán estar sujetos al armado de las parrillas firmemente para evitar su arrastre al paso del concreto, y en el caso de las cajas con cimbra de madera, procurar que sean de dimensiones moderadas para que no obstruyan el concreto y no atrapen lodo bentonítico.



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ABAGÓN
ENEP	
ING. CIVIL	RODILLO PARA RECUBRIMIENTO DEL ACERO

JUNTAS DE CONSTRUCCION.- Las juntas deben satisfacer --
los siguientes requerimientos:

1.- No deben interferir con el flujo del concreto y su forma no debe ser obstáculo para la excavación de la trinchera para el pánel subsecuente.

2.- Ser herméticas es decir, no debe haber fugas o infiltraciones del concreto fresco.

3.- Resistir las presiones ejercidas por el concreto -- fresco sin sufrir deformaciones o distorsiones.

4.- Deben ser capaces de soportar y transferir los esfuerzos de corte y ser a prueba de agua es decir oponerse a la entrada -- del nivel freático o agua externa a la cimentación.

5.- Ya que las juntas pueden atrapar pequeñas cantidades -- de bentonita y finos, esto facilita la limpieza y remoción de residuos y concreto endurecido en las caras del muro.

6.- Las juntas de construcción tienen que ser elaboradas -- de tal manera que su ejecución sea posible con un método y equipo -- simple.

7.- Estas deben resultar económicas de ejecutar es decir su costo debe ser compatible con la economía del proyecto.

Los tipos más comunes de juntas de construcción son:

Juntas redondeadas mediante tubos tope.- Este tipo de -- junta es la que es usada con más frecuencia ya que su aplicación es

relativamente sencilla. Se efectúa mediante la colocación de uno o dos tubos de acero con diámetro igual al ancho del muro diafragma se ejecuta el vaciado del concreto y una vez que este alcanza su fra-guado inicial; aproximadamente a las dos horas, los tubos son ret-ra-da-dos quedando formada una junta semicircular. Como recomendación-especial, una vez colocados los tubos y antes de efectuar el colado, se rellenará la espalda del tubo con el mismo material producto de la excavación, para que esto impida la fuga del concreto y que este abraze al tubo impidiendo su retiro o causando una junta defectuosa.

Este tipo de junta es elegida cuando el equipo selecc-io-na-do de excavación es un equipo de perforación rotatorio o una almeja - con aditamento para dar forma redondeada a los extremos de la excav-ac-io-n. Resultan ser conexiones con buena transfererencia del esfuer-zo al corte, pero no son buenas para transferir esfuerzos de flexión ya que el armado queda fuera de la sección que implica la junta.

Una mejora a este tipo de junta, es lograda con el acopla-m-ie-nto al tubo de una placa acanalada que dará a la superficie semi-circ-ula-r una forma dentada.

Esta modificación además de mejorar la resistencia al cor-te, mejora la impermeabilidad, nos evita el problema del contacto di-re-cto del concreto con el tubo y el peligro de que este quede pegado por no haber sido retirado a tiempo.

JUNTA SECCION "I".- Elaborado con un perfil metálico de - sección "I" , es empleado con equipos de excavación como almejas sin aditamentos especiales y su empleo es para conexiones estructurales, para mayor soporte puede colocarse con ayuda de un tubo como respal-do.

Junta con llave de cortante a prueba de agua.- También se elaboran con un tubo tope con diámetro igual al ancho del panel, al-tubo se le adhiere otro de diámetro de acuerdo a la llave de cortan-

te que se quiera detallar colocado al centro del ancho del pánel, esta para el primer pánel, en el segundo únicamente se coloca el tubo para continuar la llave de cortante, una vez construidos los dos páneles se procede a "Groutear" el hueco formado, quedando detallada una llave de cortante a prueba de agua.

Juntas prefabricadas.- Estas son diseñadas en Sección I - armadas con acero de refuerzo y coladas con concreto estructural, -- son colocadas una vez preparada la excavación y queda como parte integral del muro. Una vez transcurridas 4 Hrs. después del colado -- permite continuar con la excavación para el siguiente pánel. Ver ilustraciones 5.4, 5.5

Conexiones Estructurales.- Estos son usados para transferir o recibir cargas de trabes, columnas, losas de piso o de entrepiso y muros de recubrimiento, a los muros diafragma, para lo cual se diseñan conexiones que permitan a los elementos integrantes de -- la estructura trabajar como una unidad.

Como parte integral del armado de los páneles de muros -- diafragma se habilitan y colocan varillas, generalmente de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, dobladas en escuadra y de tal manera que no cuenten con recubrimiento. Una vez colado el pánel, son enderezadas sirviendo -- como barbas de anclaje. Estas barbas de anclaje se localizarán en -- los lugares donde se efectuarán conexiones, ya sea con muros de recubrimiento en toda su área o con losas de piso o entrepiso en la sección de la misma.

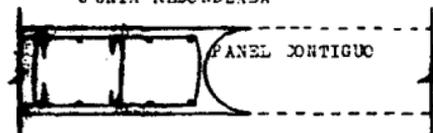
Otra manera de efectuar las conexiones entre elementos, -- sería ahogando en el colado del muro diafragma placas y ángulos que nos servirán para soldar a estos placas y ángulos detallados en lo -- sas y trabes.

Las varillas verticales del armado del muro diafragma son diseñadas con la longitud adecuada para anclar en trabes cabecera o losa de cubierta como parte final de las conexiones entre elementos. Ver ilustración 5.6

JUNTAS DE CONSTRUCCION USUALES



A) USO DE TUBO TYPE TOPS PARA DETALLADO DE JUNTA REDONDEADA



B) JUNTA REDONDEADA



C) JUNTA REDONDEADA MODIFICADA



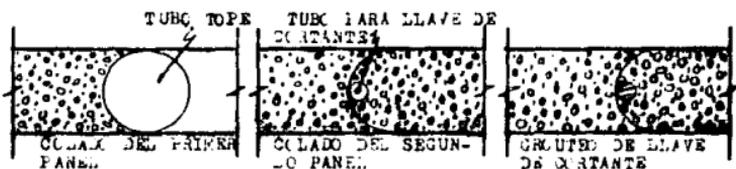
D) USO DE VIGA I Y TUBO COMO RESPALDO PARA JUNTA RECTA



E) USO DE PRECASTADO COMO JUNTA DE CONSTRUCCION

ENAH ENEP ING. CIVIL	ESCUELA NACIONAL DE ESTU DIOS PROFESIONALES ARAGON
	ILUSTRACION 5.4
Tesis Profesional	Rodriguez Corral O. E.

JUNTAS DE CONSTRUCCION ESPECIALES



A) JUNTA CON LLAVE DE CORTANTE SENCILLA

TUBO PARA LLAVE
DE CORTANTE



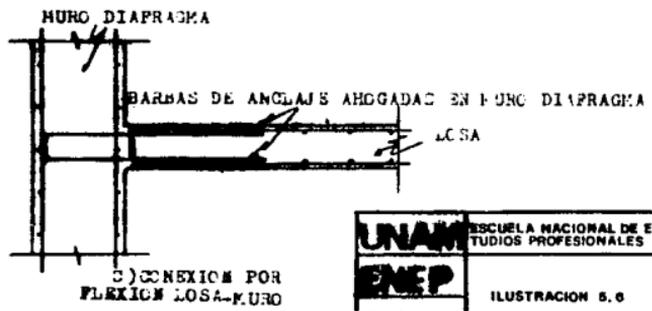
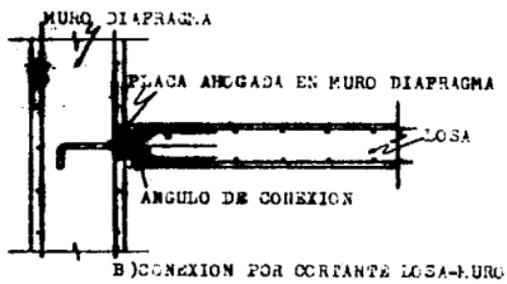
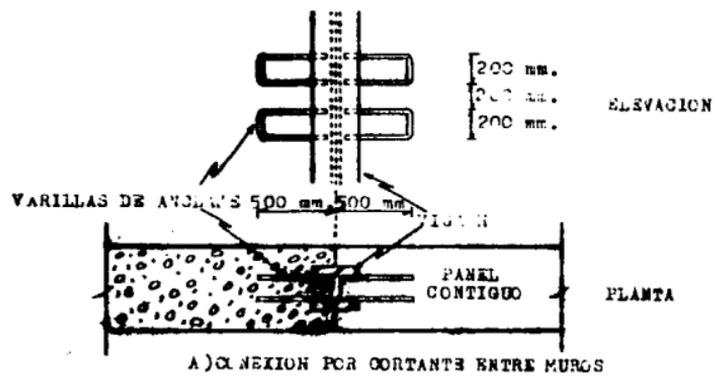
B) JUNTA CON LLAVE DE CORTANTE DOBLE



C) JUNTA CON BARRERA A PRUEBA DE AGUA

	ESCUELA NACIONAL DE ESTU DIOS PROFESIONALES ARAGON
	ILUSTRACION 5.5
INICIVIL	
Tesis Profesional	Rodríguez Corral O.E.

CONEXIONES ESTRUCTURALES



	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ING. CIVIL	ILUSTRACION 5.6

C A P I T U L O VI

ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO DE UN PANEL TIPO DE MURO DIAFRAGMA

Para el análisis del costo de construcción de los muros diafragma estableceremos un panel tipo con las siguientes características:

DIMENSIONES.

LARGO = 6 M
 ANCHO = 0.6 M
 PROFUNDIDAD = 12.50 M.

ARMADO

Con varilla corrugada de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

VERTICAL = # 10 a cada 200 mm.
 HORIZONTAL = # 5 a cada 250 mm.
 BARBAS DE ANCLAJE PARA MUROS DE RECUBRIMIENTO vertical y horizontal = # 4 a cada 300 mm
 DIAGONALES RIGIDIZANTES = # 10 2 Piezas ambas caras.

Ver ilustraciones 6.1 y 6.2

CONCRETO.

De resistencia nominal a compresión $f'_c=200 \text{ Kg/cm}^2$ con revenimiento de $18 \pm 2 \text{ cm}$.

EQUIPO

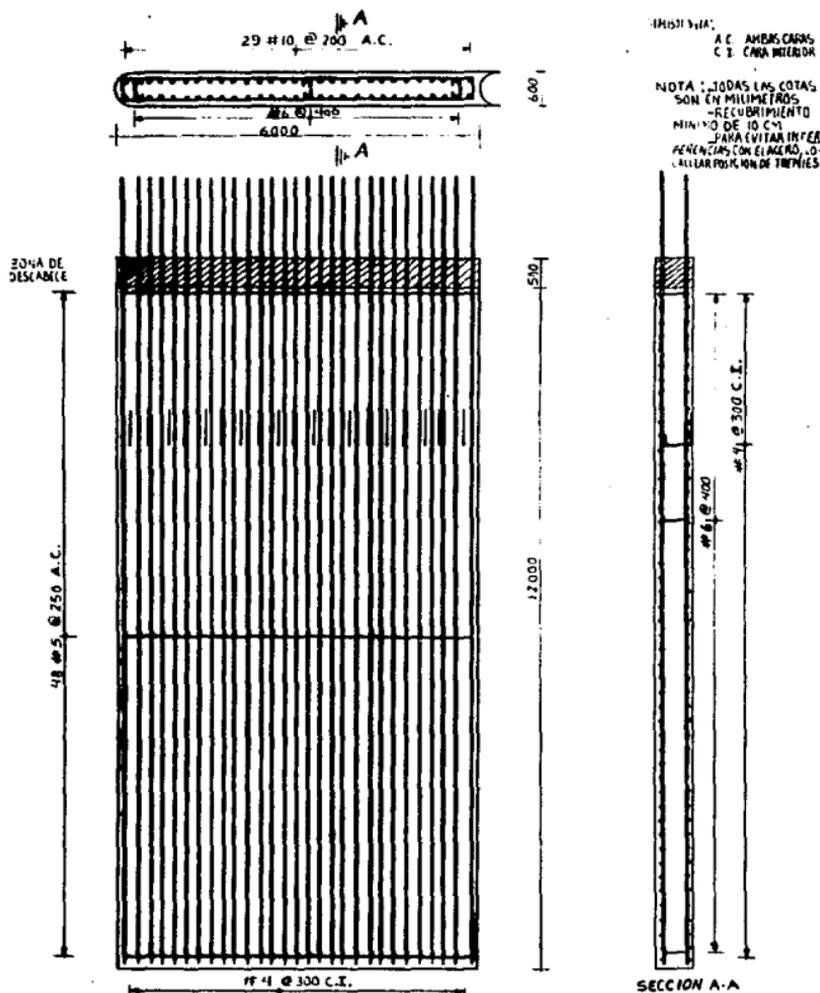
El equipo requerido para la construcción de los muros diafragma es equipo de excavación.

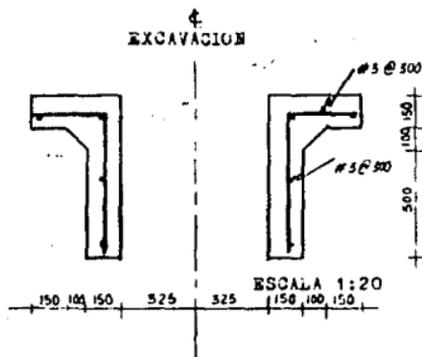
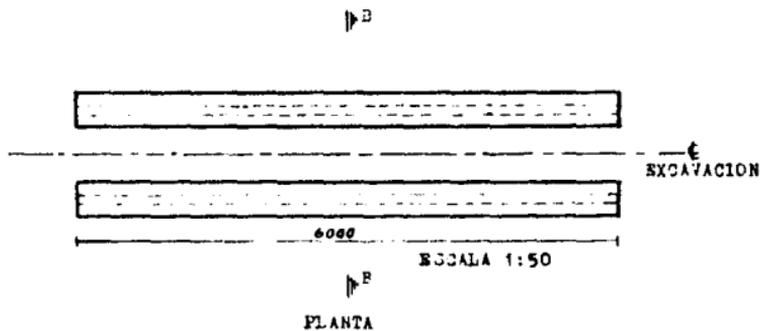
Tractor de Oruga con almeja accionada hidráulicamente (tipo Williams, Polensky, Bento, Calweld ó similar).

Equipo para mezclado de lodos.

ILUSTRACION 6.1

PANEL DE MURO DIAFRAGMA





SECCION B-B

BROCAL

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTU DIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	ILUSTRACION 6.2
ING. CIVIL	
Tesis Profesional	Rodriguez Corral O. E.

Depósito para almacenaje de bentonita a granel para su protección contra la humedad.

Mezclador hidráulico

Depósito para saturación de lodos

Depósito para lodos hidratados que alimentan el consumo de la excavación

Depósito regulador de la producción de lodos de consumo donde se efectuará también el tamizado -- "purificador de lodos"

Tanque de sedimentación

Hidrociclones

Bombas de circulación, mangueras, tuberías.

Laboratorio de control de lodo, con equipo e instrumental.

Equipo de limpieza, carga y transporte de producto de excavación.

Retroexcavadora

Camiones volteo

Equipo de manejo, transporte y colocación de armado.

Camión plataforma /

Grúa con pluma de capacidad 20 Ton.

Barras, ganchos, estrobos.

Equipo para el colado

Bombas para recuperación de lodo durante el colado.

Instrumentos para medición del revenimiento

Sondas graduadas acoplables.

PERSONAL.

Se deberá contar con el personal técnico y administrativo para tener una correcta ejecución del trabajo encomendado, teniendo como mínimo el siguiente personal:

- 1 Ingeniero Jefe de Area
- 1 Ingeniero ayudante
- 1 Topografo con 4 ayudantes
- 1 Bombero para la recuperación de la bentonita durante el colado.

Personal de preparación, control y manejo de lodos.

- 1 Jefe laboratorista
- 3 Ayudantes de laboratorio
- 10 Peones para almacenar, manejar y alimentar con bentonita,

Personal del patio de fierro

- 1 Técnico en armado
- 10 Peones para almacenar, manejar y alimentar con bentonita.

Personal de Maniobras

- 1 Jefe de maniobras
- 1 Cuadrilla de maniobras (3 oficiales, 3 ayudantes)

Personal de Colado

- 1 Cuadrilla de colado (1 cabo, 5 oficiales albañiles, 5 ayudantes).
- 1 Laboratorista de concreto; para medir revenimientos.

Personal Administrativo

- Almacén
- Oficinas
- Vigilancia
- Seguridad

SECUENCIA DE ACTIVIDADES. Para la programación de los materiales y equipo, así como para la contratación del personal se establece la secuencia de los trabajos a efectuar para la construcción de un pánel de muro diagrama.

- 1) Limpieza del ára (desmonte), consiste en retiro de obstáculos, así como de hierba y maleza.
- 2) Mejoramiento del suelo y compactación.
- 3) Excavación, armado, cimbrado y colado de brocales ó guías de excavación.
- 4) Habilitado y armado de pánels
- 5) Instalación del equipo de lodos y ejecución de pruebas - de mezclas para el logro de las propiedades deseadas.
- 6) Instalación del equipo de excavación
- 7) Ejecución de la excavación de trincheras para pánels
- 8) Verificación de las propiedades de los lodos
- 9) Colocación del armado de pánels en la excavación de trincheras.

- 10) Colocación de los tubos Tremies
 11) Ejecución del vaciado con concreto

MATERIALES.

Analizaremos los materiales requeridos para la construcción de un pánel tipo de muro diafragma de dimensiones 6.0 x 0.60 x 12.50

a) BROCALES (Ver ilustración 6.2)

a.1. Acero de refuerzo

Varillas N° 3 en escuadra
 (0.95m) (21) (2) = 40 M

Varillas N° 3 Rectas
 (5.95m) (4) (2) = 48 M

Total Varilla N° 3 = 88 M

88 (1.10) (0.560) = 54 Kg.

a.2. Excavación (a pico y pala)

(0.75) (0.15) (6.0) (2) = 1.35

(0.25) (0.15) (6.0) (2) = 0.45

((0.10) (0.10)/2) (6.0) (2) = 0.06

Total 1.86 M³

a.3. Concreto (f'c = 200 Kg/cm²)

(0.75) (0.15) (6.0) (2) = 1.35

(0.60) (0.15) (6.0) (2) = 0.45

((0.10) (0.10)/2) (6.0) (2) = 0.06

Total 1.86 M³

+ 10 % Desperdicio = 2.05 M³

b) PANEL (Ver ilustración 6.1)

b.1. Acero de refuerzo

Horizontal N° 5 a cada 250 mm
 (6.23) (48) (2) = 588.08 M
 (588.08)(1.10)(1.552) = 913 Kg.

Vertical N° 10 a cada 200 M
 (13.90) (29) (2) = 806.2 M.
 (806.2) (1.10) (6.225) = 5521 Kg.

Diagonales N° 10
 (12.90) (3) (2) = 77.4 M.
 (77.4) (1.10) (6.225) = 530 Kg.

Grapas N° 6 a cada 400 mm, ambos sentidos
 (0.75) (13+30) = 32.25 M
 (32.25) (1.10) (2.235) = 80 Kg.

Barbas de anclaje N° 4 a cada 300 mm, ambos sentidos.

(1.27) (18 + 40) = 73.66 M
 (73.66) (1.10) (0.994) = 81 Kg.

b.2. Excavación

(6.0) (0.60) (12.5) = 45 M3.

b.3. Concreto ($f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$)

(6.0) (0.60) (12.5) = 45.00 M3

+ 10 % desperdicio = 49.50 M3

b.4. Lodo Bentonítico

(6.0) (0.60) (12.5) (1.5) = 67.5 M³.

Para excavación = 67.5 M³.

Para colado por pérdida en excavación de 50 % adicional. 22.5 M³.

Volumen total de lodo bentonítico. = 90 M³

Usando viscosidad de cono-Marsh. = 47 Seg.

Densidad medida en balanza de lodos. = 1.06 Gr/cm³

1 M³ de lodo contiene 96.05 Kg de bentonita y 0.959 M³ de agua.

Para elaborar 90 M³ de suspensión se requieren:

Bentonita = (90) (96.05) = 8.64 Ton.

Agua = (90) (0.959) = 86.31 M³

ALCANCE DE OBRA.

Para establecer el costo de un pánel tipo de muro diafragma, se elabora un alcance de obra que contempla todas las actividades a realizar junto con materiales y detalles especiales, lo que nos formará un Catálogo de Conceptos en el cuál se describe lo más explícitamente los conceptos de trabajos necesarios de cada una de las secuencias para la construcción de muros diafragma, indicando su unidad de medición, cantidad, que al multiplicar por un precio unitario, nos arroja un importe cuya suma total nos proporciona el costo.

CATALOGO DE CONCEPTOS

<u>C O N C E P T O</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P.U.</u>	<u>IMPORTE</u>
<u>PRELIMINARES</u>				
1.- Desmonte del área, consistente en remoción de la vegetación superficial, hecho con tractor, incluye: La limpieza, carga a camión volteo, acarreo y descarga a una distancia no mayor de 5 km.	M3.	100	3,244	324,400
2.- Excavación para mejoramiento del suelo en el área de acción del -- equipo. Efectuado con retroexcavadora incluye: trazo, nivelación, carga a camión volteo, acarreo y descarga a una distancia no mayor de 5 km.	M3.	100	2,456	245,600
3.- Relleno con material grava-arena y compactación con rodrillo liso vibratorio y humedad óptima, en el área de acción del equipo. Incluye: Trazo, nivelación, carga a camión volteo, acarreo y descarga desde una distancia no mayor a 5 km.	M3.	100	19,225	1'922,500
<u>BROCALES</u>				
4.- Excavación en trinchera a pico y pala para brocales ó gufas. Incluye: Trazo, nivelación y retención de las paredes así como el desalojo en carretilla del material producto de la excava - - -	M3.	2.00	7,429	14,858

C O N C E P T OUNIDADCANTIDADP.U.IMPORTE

ción a una distancia no mayor de 20 m.

5.- Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm ² del N° 3. Incluye: corte, dobléz, amarres, separadores, rigizadores, silletas y todo lo necesario para su correcta ejecución.	Kg.	54	2,501	135,054
6.- Colocación de concreto premezclado de f'c=200 Kf/cm ² con tamaño máximo de agregado de 3/4 de pulgada y revenimiento de 10 ± 2 cm., vaciado directo. Incluye: Compactación con equipo vibratorio, alineación, plomeo, trazo y nivelación del elemento.	M3.	2.0	212,847	425,694

PANELES

7.- Excavación de trinchera en presencia de lodo bentonítico con equipo de tractor de oruga con almeja accionada hidráulicamente. Para pánel de muro diafragma de dimensiones: Largo 6 m., ancho 0.60 m., profundo 12.50 incluye: reciclaje-	M3.	45	135,237	6'085,665
---	-----	----	---------	-----------

CONCEPTOUNIDADCANTIDADP.U.IMPORTE

del lodo bentonítico, carga a camión volteo, acarreo y descarga a una distancia no mayor de 5 km.

- 8.- Suministro, habilitado y armado de parrillas para panel de muro diafragma de dimensiones: largo 6 m., ancho 0.60m., profundidad 12.50m. Incluye: Corte, doblez, amarres, separadores, rigidizadores, silletas, rodillos para deslizamiento y colocación con grúa en trincheras, así como dispositivo de izaje, alineación, trazo y plomeo.

En los siguientes diámetros.

Varilla No. 4	Kg.	81	2823	228,663
Varilla No. 5	Kg.	913	2823	2'577,399
Varilla No. 6	Kg.	80	2823	225,840
Varilla No. 10	Kg.	6051	2823	17'081,973

- 9.- Suministro y colocación de tubo tope para detallado de junta de construcción.

Tubo de 12.50 mts de profundidad y 24 pulgadas de diámetro, de acero al carbón, con tapones inferior y superior, con dispositivo de izaje y rotación.

<u>C O N C E P T O</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P.U.</u>	<u>IMPORTE</u>
Tubo recuperable al fraguado inicial del concreto y reusable. Incluye la presencia de grúa para colocación, movimientos y retiro del tubo, también se incluye: -- trazo, plomeo, alineación y trabajos necesarios para su ejecución.	M.	12.50	111,027	1'387,837
10.- Colocación de concreto premezclado f'c=200 kg/cm ² , de revenimiento 18 [±] 2 cm, con tamaño máximo de agregado de 3/4 de pulgada. - Vaciado en presencia de lodo bentonítico con ayuda de tubos Tremie (2 pzas). Incluye: Colocación de tubos Tremie con ayuda de grúa y presencia de esta durante el colado para movimientos, así como bombeo del lodo bentonítico desalojado.	M3.	49.50	228,731	11'322,184
11.- Suministro, dosificación, control manejo, recuperación y tratamiento para suspensión de lodo bentonítico a base de agua dulce y bentonita sódica en polvo para lograr propiedades: Viscosidad medida en cono Marsh de 47 segundos y densidad medida en balanza de lodos de 1.06 Gr/cm ³ , -	M3.	65.50	75,288	4'931,337

C O N C E P T OUNIDADCANTIDAD P.U.IMPORTE

con concentración de bentonita de 10 %. Incluye bombeo y re-bombeo de la suspensión así como el equipo de reciclaje, recuperación y tratamiento del lodo bentonítico.

TOTAL = \$ 46'909,004

El costo de un pánel de muro diafragma construido con el método de lodo bentonítico es de \$ 46'909,004 con precios actualizados hasta Diciembre de 1991.

Los precios unitarios fueron tomados del catálogo de precios unitarios de la contratista ejecutora y contempla los siguientes precios horarios de maquinaria y salarios aplicados para la mano de obra de los trabajos.

Precios Horarios de Maquinaria en Trabajos Directos
(COSTO POR HORA)

- Compactador manual rodillo liso Dinapack	Activo	\$	8,770
	Ocioso	"	6,637
- Bomba de gasolina de 3" �	Activo	"	6,737
	Ocioso	"	4,216
- Bomba eléctrica de 7 H.P.	Activo	"	6,517
	Ocioso	"	4,319
- Bomba John Beam 535	Activa	"	30,957
- Compresor de 365 P.C.M.	Activo	"	38,558

- Planta de energía eléctrica 100 Kw.	Activa	\$	40,118
	Ociosa	"	20,568
- Pipa de 6 H3 a 20 Km-Hra.	Activa	"	44,647
	Ociosa	"	23,959
- Soldadora 300 amps.	Activa	"	13,668
	Ociosa	"	7,300
- Dobladora de varilla	Activa	"	13,244
	Ociosa	"	7,683
- Planta para fabricación de lodos bentoníticos.	Activa	"	101,214
	Ociosa	"	75,581
- Tránsito Wild T-1	Activa	"	4,272
- Equipo de corte de oxígeno acetileno.	Activa	"	7,486

	Ocioso	\$	18,407
- Camión Volteo de 6 M3.	Activo	"	45,238
	Ocioso	"	22,480
- Trailer cama baja de 3 ejes	Activo	"	103,209
	Ocioso	"	51,415
- Camioneta Pick Up 3/4 Ton.	Activa	"	26,796
	Ocioso	"	9,480
- Draga LS-108	Activa	"	407,880
	Ocioso	"	348,958
- Grúa Hc-108	Activa	"	242,202
	Ocioso	"	127,682
- Cucharón de almeja 1 Yd. ³	Activo	"	12,665
	Ocioso	"	10,306
- Retroexcavadora de 3/4 Yd ³	Activa	"	60,877
	Ociosa	"	34,639
- Grúa Hiab de 10 Ton. sobre camión.	Activa	"	103,871
	Ociosa	"	61,000

SALARIO PARA MANO DE OBRA
(SALARIO POR JORNADA DE 8 HORAS)

Peón	\$	32,273
Ayudante General	"	36,844
Auxiliar de seguridad	"	31,525
Checador	"	36,383
Vigilante ó velador	"	38,868
Policia Auxiliar	"	38,868
Ayudante Operador	"	36,898
Operador de Bombas	"	36,724
Operador de Compresor	"	39,992
Manobrista	"	47,385
Oficial Carpintero	"	47,226
Chofer	"	43,177
Oficial Fierro	"	45,539
Operador Vehículo ligero	"	43,177
Oficial Electricista	"	49,442
Oficial Soldador	"	48,957
Oficial Albañil	"	49,394
Cabo	"	49,198
Supervisor de seguridad	"	44,775
Operador vehículo mediano	"	51,143
Operador vehículo pesado	"	55,992
Operador maquinaria pesada	"	72,337
Cadenero	"	35,546
Ingeniero Topógrafo	"	86,122
Sobrestante	"	67,492
Ingeniero de Seguridad	"	93,744
Encargado de Seguridad	"	75,503

Para la elaboración del análisis de precios unitarios, previamente definiremos los siguientes conceptos que lo integran.

COSTO DIRECTO.- Es la suma de materiales, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un trabajo.

El cargo por material es obtenido de multiplicar el costo a precio de lista en el mercado por la cantidad requerida.

El cargo por mano de obra utiliza el salario integrado que es obtenido aplicando al salario base las prestaciones de Ley.

El cargo por maquinaria y equipo emplea un análisis de costo horario, el cual esta dado de acuerdo a su valor de adquisición, considerando su depreciación, inversión, seguros, almacenaje y mantenimiento como cargos fijos, adicionando a este los cargos por consumo por hora de combustible, lubricantes y llantas, integrado también el cargo de operación por hora.

COSTO INDIRECTO.- Es la suma de gastos técnico-administrativos -- necesarios para la correcto realización de cualquier proceso productivo. Este es formado por costo indirecto de operación (cargos técnicos y/o administrativos, alquileres y depreciaciones, obligaciones y seguros, materiales de consumo, capacitación y promoción) y por costo indirecto de obra (cargos de campo, imprevistos, financiamiento, utilidad, fianzas, impuestos reflejables). Se interpreta en función del costo directo dependiendo de la magnitud de la obra y de la empresa ejecutora. Para nuestro proyecto considerado como obra grande al igual que la empresa constructora se aplicó un factor de 28 % al Costo Directo.

UTILIDAD.- Debido a que toda obra especialmente en la construcción, es de riesgo, se tiene que garantizar que sean absorbidos los atenuantes no atribuibles al constructor y que pueden ser causa de --

pérdidas y quiebras, por lo cual se aplica generalmente un 10% a la cantidad obtenida de sumar el costo directo y el costo indirecto.

A continuación se presenta el análisis del precio unitario - de los conceptos que más impactan el costo.

SALARIO DIARIO TOTAL

Para obtener el cargo por mano de obra es necesario definir la cantidad de mano de obra requerida para la ejecución de un trabajo - en jornales y multiplicarlo por el salario diario total que es integrado por el salario diario base más prestaciones resultado que se multiplica por un factor de salario real, así tenemos que:

$$S.D.T. = (S.D.B. + PRESTACIONES) F.S.R.$$

SALARIO DIARIO BASE (S.D.B.).- Este es reglamentado en la República Mexicana por la "Comisión Nacional de los Salarios Mínimos" definiendo, los salarios mínimos profesionales incluyendo los salarios por las especialidades más comunes en la construcción. Considera tres áreas geográficas para los cuales se tienen diferentes - salarios base.

AREA GEOGRAFICA A.

Baja California Norte (Todos los Municipios del Estado)
 Baja California Sur (Todos los Municipios del Estado)
 Municipios del Estado de Chihuahua (Guadalupe, Juárez, --
 Pracedis G., Guerrero).
 Distrito Federal (Todas las Delegaciones)
 Municipio del Estado de Guerrero (Acapulco de Juárez)
 Municipios del Estado de México (Atizapán de Zaragoza, --
 Coacalco, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec, Naucalpan
 pan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Tultitlán).
 Municipios del Estado de Sonora (Agua Prieta, Cananea, -
 Naco, Nogales, Plutarco Elias Calles, Puerto Peñasco, Sn.
 Lufs Rfo Colorado, Santa Cruz).
 Municipios del Estado de Tamaulipas (Camargo, Guerrero, --
 Gustavo Dfaz Ordaz, Matamoros, Mier, Miguel Alemán, Nuevo
 Laredo, Reynosa, Rfo Bravo, San Fernando, Valle Hermoso).
 Municipios del Estado de Veracruz (Agua Dulce, Coatzacoalcos
 cos, Coaoleacaque, Las Choapas, Bihuatlan del Buroate, Mi
 natitlán, Mioloacan, Nanchital de Lázaro Cárdenas del Rfo).

AREA GEOGRAFICA B.

Municipios del Estado de Jalisco (Guadalajara, El Salto, -
tlayomulco, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan).

Municipios del Estado de Nuevo León (Apodaca, Garza Gar-
cfa, General Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás-
de Los Garza, Santa Catarina).

Municipios del Estado de Sonora (Altar, Atil, Bâcum, Benja-
mín Hill, Caborca, Cajeme, Carbó, La Colorada, Cucurpe, -
Empalme, Etchoyâ, Guaymas, Hermosillo, Huatabampo, Imuris
Magdalena, Navojoa, Opodepe, Oquitoa, Pitiquito, San Miguel
de Horcasitas, Santa Ana, Sâric, Suaqui Grande, Trincheras,
tubutama).

Municipios del Estado de Tamaulipas (Aldama, Altamira, An-
tiguu Morelos, Ciudad Madero, Gómez Farias, González, Man-
te, Nuevo Morelos, Ocampo, Tampico, Xicotencatl.)

Municipios del Estado de Veracruz (Coatzintla, Poza Rica -
de Hidalgo, Tuxpán).

AREA GEOGRAFICA C.

Todos los Municipios de los Estados de:

Aguascalientes,	Oaxaca
Campeche	Puebla
Coahuila	Queretaro
Colima	Quintana Roo
Chiapas	San Luis Potosí
Durango	Sinaloa
Guanajuato	Tabasco
Hidalgo	Tlaxcala
Michoacán	Yucatán
Morelos	Zacatecas
Nayarit	

Más todos los Municipios no comprendidos en las áreas A y
B de los Estados de Chihuahua, Guerrero, Jalisco, México,
Nuevo León, Sonora, Tamaulipas, y Veracruz.

Los salarios bases son más altos en el Area Geográfica A, siguiéndole los del Area Geográfica B, siendo los más bajos los que se perciben en el Area Geográfica C. Dichos salarios los establecen de acuerdo al costo de la vida en cada zona y considera los factores requeridos para la subsistencia, actualmente se efectúa de acuerdo a la canasta básica.

Nuestro proyecto está ubicado en el Estado de Michoacán que corresponde al Area Geográfica C. A continuación se enlistan algunos de los salarios bases actualizados hasta Diciembre de 1991.

	<u>AREA GEOGRAFICA</u>		
	A	B PESOS	C DIARIOS
GENERALES	13,328	12,320	11,111
PROFESIONALES			
ALBAÑIL OFICIAL DE	19,460	18,010	16,223
BULDOZER OPERADOR DE	20,457	18,906	17,108
CARPINTERO DE OBRA NEGRA	18,105	16,738	15,092
CARPINTERO EN FABRICACION Y REPARACION DE MUEBLES, OFICIAL	19,102	17,657	15,921
COLOCADOR DE MOZAIICOS Y AZULEJOS, OFICIAL	19,012	17,573	15,848
CONSTRUCCION DE EDIFICIOS Y - CASAS HABITACION, YESERO EN	18,015	16,654	15,019
FIERRERO EN CONSTRUCCION	18,738	17,321	15,618
CHOFER DE CAMION DE CARGA EN GENERAL.	19,914	18,407	16,598
CHOFER DE CAMIONETA DE CARGA EN GENERAL.	19,281	17,825	16,072
CHOFER OPERADOR DE VEHICULOS CON GRUA.	18,469	17,069	15,394
DRAGA OPERADOR DE	20,726	19,158	17,276
ELECTRICISTA INSTALADOR Y REPARADOR DE INSTALACIONES ELECTRICAS	19,012	17,573	15,848

	A	B	C
	PESOS		DIARIOS
TRICAS, OFICIAL			
PERFORISTA CON PISTOLA DE AIRE	19,191	17,741	15,999
PLOMERO EN INSTALACIONES SANI-	18,648	17,237	15,546
TARIAS OFICIAL.			
SOLDADOR CON SOPLETE O CON AR	18,194	16,822	15,170
CO ELECTRICO.			
TAQUIMECANOGRAFA EN ESPAROL	18,194	16,822	15,170
TRASCAMO CON NEUMATICOS Y/O -	19,824	18,323	16,526
ORUGA OPERADOR DE.			

PRESTACIONES Y DERECHOS (P.D.).- Este representa una forma de -
Justicia Social a la clase trabajadora, Las principales prestacion -
nes que debe cubrir el patrón son:

PRIMA VACACIONAL.- De acuerdo a la Ley Federal del Trabajo como
mínimo deberá ser, el 25 % sobre los salarios que le correspondan -
durante el periodo de vacaciones los cuales son 6 días (el primer año
y se incrementa dos días por cada año de antigüedad hasta llegar a -
12 días). En la construcción debido a que es un trabajo eventual se
consideran 6 días, correspondiendo por esta prestación.

$$\frac{6}{365} (0.25) = 0.0041 \times 100 = 0.41 \%$$

AGUINALDO.- Establece la Ley Federal del Trabajo un aguinaldo -
anual que deberá pagarse antes del 20 de Diciembre, por lo menos a 15
días de salario y proporcional al tiempo trabajado si el año no se -
cumplió por lo que corresponde.

$$\frac{15}{365} = 0.0411 \times 100 = 4.11 \%$$

SEGURO SOCIAL.- De acuerdo a la Ley del Seguro Social, cubre los siguientes Seguros cubiertos por el Estado, Trabajador y Patrón. La aportación del patrón es la considerada en prestaciones.

- I.- ACCIDENTE DE TRABAJO Y ENFERMEDADES PROFESIONALES
- II.- ENFERMEDADES NO PROFESIONALES Y MATERNIDAD
- III.- INVALIDEZ, VEJEZ Y MUERTE
- IV.- CESANTIA EN EDAD AVANZADA

Dichos Seguros son cubiertos por el Estado, Trabajador y Patrón. La aportación del Patrón es la considerada en prestaciones.

Así tenemos que de acuerdo a la tabla de ilustración 6.3 y considerando que de acuerdo al Instituto Mexicano del Seguro Social la industria de la construcción se clasifica en clase V, como grado medio de peligrosidad, el porcentaje se paga con la siguiente proporción.

	E.M.	I.V.C.M.	G.	S U M A
PATRON	8.40 %	4.90 %	1.00 %	14.30 %
TRABAJADOR	3.00 %	1.75 %	0 %	4.75 %
S U M A	11.40 %	6.65 %	1.0 %	19.05 %

Donde:

- E.M. = ENFERMEDAD Y MATERNIDAD
- I.V.C.M. = INVALIDEZ, VEJEZ, CESANTIA EN EDAD AVANZADA Y - MUERTE.
- G = GUARDERIAS

Por lo que en este rubro se considerará como prestación el 14.30 % que es aportación del patrón y aplica sobre salarios pagados, prima Dominical (en caso de laborar los Domingos), Aguinaldo, Prima Vacacional, Compensaciones, Gratificaciones, Prima Alimenticia y Viáticos para las percepciones mayores al mínimo ya que de acuerdo a la Ley Federal del Trabajo el Salario Mínimo no sufrirá ninguna reducción.

**PORCENTAJES DE APLICACION A LA PERCEPCION BASE DE
COTIZACION PARA EL CALCULO DE LAS CUOTAS BIMESTRALES**

AÑO	RAMOS DE SEGURO									
	EMPREGADO Y MATERNIDAD			INVALIDES, VEJEZ, CESANTIA, MUERTES.			GUARDERIAS,		* SUMA	
	DEL PA TRON	DEL ASE GURADO	CONTRIB UCION	**DEL PATRON	**DEL ASEGURADO	**DEL PATRON	DEL PATRON	DEL PATRON	DEL ASE GURADO	CONTRIB UCION
1991	8.400%	3.000%	11.400%	4.900%	1.750%	6.650%	1.000%	14.300%	4.750%	19.050%
1992	8.400%	3.000%	11.400%	5.040%	1.800%	6.840%	1.000%	14.440%	4.800%	19.240%
1993	8.400%	3.000%	11.400%	5.180%	1.850%	7.030%	1.000%	14.580%	4.850%	19.430%
1994	8.400%	3.000%	11.400%	5.320%	1.900%	7.220%	1.000%	14.720%	4.900%	19.620%
1995	8.400%	3.000%	11.400%	5.460%	1.950%	7.410%	1.000%	14.860%	4.950%	19.810%
1996	8.400%	3.000%	11.400%	5.600%	2.000%	7.600%	1.000%	15.000%	5.000%	20.000%

- * A LAS CUOTAS SEGUROS DEBERA AUMENTARSE LA DEL SEGURO DE RIESGOS DE TRABAJO, APLICANDO AL SALARIO BASE DE COTIZACION LA PRIMA QUE CORRESPONDA A LA CLASE Y GRADO DE RIESGO QUE EL INSTITUTO HAYA ASIGNADO A LA EMPRESA (ARTICULOS 78 Y 79 DE LA LEY DEL SEGURO SOCIAL).
- ** FACTORES VIGENTES EN CADA UNO DE LOS AÑOS INDICADOS (ARTICULO 177 Y SEGUNDO TRANSITORIO DE LAS LEYES DE LA LEY DEL SEGURO SOCIAL, PUBLICADAS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL DIA 27 DE DICIEMBRE DE 1990).

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTU- DIOS PROFESIONALES ARAGON
ENEP	
ING. CIVIL	ILUSTRACION 6.3
Tesis Profesional	RODRIGUEZ CORRAL O. E.

IMPUESTOS SOBRE REMUNERACIONES PAGADAS.- Se aplica 1% también -- es conveniente incluir si lo hay el Impuesto Estatal sobre la Mano de Obra. El I.S.R.P. es aplicado sobre la remuneración total.

INFONAVIT.- Se considera una aportación del 5% para Obras Privadas, en Obras Públicas, se considera no reflejable y asimilable en la utilidad. Se aplica sobre sueldos y salarios base.

PRIMA DOMINICAL.- De uso poco común en la construcción. De acuerdo a la Ley Federal del Trabajo, corresponde a una prima adicional -- de un 25 % mínimo, sobre el salario de los días ordinarios de trabajo.

PRIMA POR ANTIGUEDAD.- De uso poco común en la construcción ya -- que es para trabajadores de planta.

Así en resumen tenemos:

PRIMA VACACIONAL	0.41 %	SOBRE SALARIO DIARIO BASE (S.S.D.B.)
AGUINALDO	4.11 %	S.S.D.B.
I.M.S.S. CUOTA PATRONAL	14.30 %	S.S.D.B. + PRIMA VACACIONAL (P.V.)+AGUINALDO (A)
I.S.R.P.	1.0 %	S.S.D.B. + P.V.+A.
GUARDERIAS	1.0 %	S.S.D.B.
INFONAVIT	5.0 %	S.S.D.B.

FACTOR DE SALARIO REAL (F.S.R.)- Representa la reducción del tiempo efectivo de trabajo debido a los días no hábiles impuestos por la Ley Federal del Trabajo, costumbre y medio ambiente. Se obtiene dividiendo el periodo considerado total entre el periodo trabajado real.

$$F.S.R. = \frac{P.C.T.}{P.T.R.} \quad \text{DONDE}$$

P.T.R. = P.C.T. - D.N.T.

F.S.R. = FACTOR DE SALARIO REAL

P.C.T. = PERIODO CONSIDERADO TOTAL

P.T.R. = PERIODO TRABAJADO REAL

D.N.T. = DIAS NO TRABAJADOS.

Los días no trabajados se aplican para nuestro caso, en una obra con tiempo de duración mínimo de 365 días es decir un año. Se clasifican en:

52 Domingos: De acuerdo a la Ley Federal del Trabajo por cada 6 días de trabajo, corresponde un día de descanso.

7.17 Días Festivos: La Ley Federal del Trabajo impone los siguientes días festivos: 1^a de Enero, 5 de Febrero 21 de Marzo, 1^a de Mayo, 16 Septiembre, 20 Noviembre, 25 Diciembre, 1^a Diciembre (cada 6 años). Si alguno de estos días cae en Domingo no se contempla en el recuento de los días festivos.

5 Días de Costumbre: De acuerdo a la Zona Geográfica pueden ser hasta 8 días que son: 3 de Mayo, Jueves, Viernes, Sabado Santos, 1^a de Noviembre, 2 de Noviembre, 12 de Diciembre, Día del Santo Patrón.

6 Días Vacaciones: La Ley Federal del Trabajo establece para trabajadores con más de un año de servicio disfrutaran de un período anual de vacaciones pagadas mínimo de 6 días laborables, aumentando 2 días laborables hasta llegar a doce por cada año de antigüedad. Después del cuatro año se aumentarán 2 días laborables por cada cinco años de servicio.

4 Días por Mal Tiempo: Seguramente en los días de mal tiempo, no se laborará parcialmente, a priori estableceremos 4 días al año como total del tiempo perdido.

De acuerdo a la Ley Federal del Trabajo los años para salarios se considerarán de 365 días aún siendo bisiestos.

Así obtenemos como días no trabajados en el año 1991

D.N.T. = 74.17 días al año

Para un perfodo considerado total igual a

$$P.C.T. = 365 \text{ dfas}$$

Sustituyendo en la fórmula obtenemos el Perfodo Trabajado Real

$$P.T.R. = P.C.T. - D.N.T.$$

$$P.T.R. = 365 - 74.17 = 290.83 \text{ dfas}$$

Para obtener el factor de Salario Real tenemos

$$F.S.R. = \frac{P.C.T.}{P.T.R.} = \frac{365}{290.83} = 1.255$$

En Cd. Lázaro Cárdenas existen obras de construcción como expansiones o complementos de Los Complejos Siderúrgicos ya instalados, complejos que cuentan y se rigen por un Sindicato; el de la Siderúrgica Lázaro Cárdenas (SICARTSA) es el Sindicato Minero Sección 271. El Sindicato hace extensivo sus logros (exceptuando el bono de producción) aún para el personal eventual que labora dentro de sus instalaciones, así que se hace notar a las constructoras que participen en los concursos, que su personal estará inscrito y sujeto a las disposiciones de la Sección 271. De tal manera que por lo menos una vez al año el salario será sujeto a revisión y el incremento será pactado entre empresa y sindicato, -- por lo que el sindicato cuenta con un tabulador diferente al impuesto por la "Comisión de Salarios Mínimos".

Algunas de las prestaciones logradas por el Sindicato Minero Sección 271 adicionales a las de la Ley son:

- Becas para hijos de trabajadores
- Seguro de gastos médicos mayores
- Bono de despensa
- Fondo de ahorro
- Ayuda para compra de anteojos
- Seguro de vida.

Para aplicar estas prestaciones en el personal eventual, -- las Comisiones Sindicales acuerdan aplicar factores representativos al salario y compensar las que no puedan ser aplicadas.

Así tenemos que en el año 1991 el Sindicato logró adicional al incremento de los salarios mínimos del 12% otro incremento de 16% sobre el salario base tabulado por el Sindicato Minero, además un incremento acordado entre comisiones de un 9% sobre salario base que suman un 25%.

**Analizaremos el salario diario total (S.D.T.) de algunos
oficios.**

$$\text{S.D.T.} = (\text{S.D.B.} + \text{PRESTACIONES}) \text{ F.S.R.}$$

SALARIO DIARIO TOTAL

	SOBRE SDB		SUMA	SOBRE SDB - PV		SOBRE SDB			TOTAL	PSR	SPP	
	SDB	PV 0.41%		A 4.11%	IMSS 14.30%	ISRP 1%	GUARDE RIA 1%	EXTRA TIT 5%				SINDICA TO 25%
FCM	16972.7	69.59	697.58	17739.8	2536.8	177.40	169.73	848.63	4243.2	25715.5	1.255	32773
AYTE. GENERAL	19376.6	79.44	796.38	20252.4	2896.1	202.52	193.77	968.83	4844.1	29357.8	1.255	36944
AUX. SEGURIDAD	16579.3	67.97	681.47	17328.7	2478.0	173.29	165.79	828.96	4144.8	25119.5	1.255	31525
CHECKEO	19134.1	78.45	786.47	19939.0	2859.9	199.99	191.34	956.71	4785.5	28990.4	1.255	36383
VIG. VEL. XCR	20441.0	83.81	840.13	21364.9	3055.2	213.65	204.41	1022.05	5110.3	30970.5	1.255	38868
POLICIA AUX.	20441.0	83.81	840.13	21364.9	3055.2	213.65	204.41	1022.05	5110.3	30970.5	1.255	38868
AYTE. OF. MAJOR	19404.9	79.56	797.54	20282.1	2900.3	202.82	194.04	970.25	4851.2	29400.8	1.255	36998
OP. DE RESERVA	19313.3	79.18	793.78	20186.4	2886.7	201.86	193.13	965.67	4828.4	29262.1	1.255	36724
OP. COMPROBATOR	21032.1	86.23	864.42	21118.4	3019.9	211.18	210.32	1051.61	5258.0	31846.1	1.255	39997
MANIOBRISTA	24920.3	102.17	1024.22	26046.6	3724.7	260.46	249.20	1246.01	6230.0	37776.3	1.255	47385
OP. CABLE INTEG.	24936.6	101.83	1020.78	25959.3	3712.2	259.59	249.36	1241.83	6209.1	37630.3	1.255	47226
CHOPER	22707.2	93.10	933.26	23733.5	3393.9	237.33	227.07	1135.56	5676.8	34403.9	1.255	43177
OP. PIAJINERO	23249.4	92.19	984.31	25031.3	3579.5	250.31	232.49	1197.47	5987.3	36286.0	1.255	45539
OP. VEHIC. LIG.	22707.2	93.10	933.26	23733.5	3393.9	237.33	227.07	1135.56	5676.8	34403.9	1.255	43177
OP. ELECTRIC.	26001.9	106.61	1068.68	27177.3	3986.3	271.77	260.01	1300.10	6300.5	39396.0	1.255	49442
OP. SOLDADOR	25746.9	105.56	1058.20	26910.7	3848.2	269.11	257.47	1287.34	6436.7	39009.6	1.255	49957
OP. ALBAÑIL	25976.7	106.50	1067.64	27150.9	3882.4	271.51	259.77	1298.84	6494.2	39357.8	1.255	49394
CABC	25573.7	106.08	1063.41	27043.1	3867.2	270.43	258.74	1293.68	6468.4	39201.6	1.255	49198
SUPERV. GEN.	23547.6	96.54	967.80	24611.9	3513.5	246.12	235.47	1177.58	5888.9	35677.3	1.255	44775
C.F. VEHIC. REG.	26896.6	110.27	1105.45	28112.3	4020.0	281.12	268.96	1344.83	6724.1	40751.6	1.255	51143
OP. VEHIC. PES.	29446.7	120.73	1210.26	30777.1	4401.2	307.77	294.47	1472.33	7361.7	44615.3	1.255	55992
OP. MA. PESADA	38042.7	135.97	1563.55	39762.3	5685.9	397.62	380.43	1902.13	9510.7	57699.0	1.255	72337
CADENERO	18693.9	76.54	768.32	19538.2	2794.1	195.39	186.94	934.69	4673.5	28323.5	1.255	35546
TOPOGRAFO	45292.4	185.70	1861.51	47339.5	6759.5	473.39	452.92	2264.62	11323.1	68623.1	1.255	86122
SOBRESTANTE	35494.6	141.53	1458.83	37099.0	5305.1	370.99	354.95	1774.73	8973.7	53778.5	1.255	67492
ING. SEGURIDAD	49300.8	202.13	2026.26	51529.3	7368.7	515.29	493.00	2465.04	13325.2	74695.4	1.255	93744
ENCARGADO SGC	39707.1	162.30	1631.99	41577.3	5934.8	415.77	397.08	1985.38	9926.9	60161.7	1.255	75503

SDB SALARIO DIARIO BASE
 PV PRIMA VACACIONAL
 A AGUINALDO
 ISRP IMPUESTO SOBRE RENDIMIENTOS PAGADOS
 PSR FACTOR DE SALARIO REAL
 SPP SALARIO DIARIO TOTAL

COMISIÓN NACIONAL DE OFICIALES Y PROFESIONALES REROS	
ISRP	SALARIO DIARIO TOTAL
ING. CIVIL	
Yoda	Rodriguez Corral G. E.
Profesional	

EQUIPO COSTO HORARIO

Este se integra por el siguiente desglose:

GASTOS FIJOS.- Los que gravan el costo horario del equipo independientemente de que éste se encuentre operando o inactivo y se compone de:

- 1.- Intereses Sobre Capital = $\frac{\text{INVERSION X INTERES ANUAL}}{\text{HORAS NORMALES PROMEDIO ANUALES}}$

$$I = \frac{(Va)}{Ha} i \quad \text{Donde}$$

- I = Interés Sobre Capital
 V = Valor Máquina Nueva (Sin llantas)
 i = Interés (al tipo en vigor, de adquisición o rentabilidad del dinero, en forma decimal.)
 Ha = Horas Normales promedio anuales.

- 2.- Depreciación. De acuerdo a la Legislación fiscal 20 % - - anual y su depreciación total en 5 años sin asignar valor de rescate.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Vida Fiscal de Equipo}}$$

- D = Depreciación
 Vf = Vida fiscal del equipo.

- 3.- Reparaciones. Como práctica aceptada considerar las reparaciones como porcentaje de la depreciación

$$\text{Reparaciones} = X \% \text{ Depreciación}$$

$$R = QD$$

$$R = \text{Reparaciones}$$

$$Q = \text{Coeficiente estadístico en forma decimal}$$

- 4.- Seguros. Como prevención ante riesgos de destrucción adquirido con terceros o absorbido por el contratista.

$$\text{Seguros} = \frac{\text{Costo del Seguro Anual}}{\text{Horas Anuales}}$$

S = Seguro

S = Prima Anual en porcentaje decimal en función de Va.

- 5.- Almacenaje y Gastos Anuales. Los gastos que requiere un equipo por concepto de almacenaje en los meses que no está en obra, impuestos y gastos como: Tenencias, permisos, revistas, placas etc.

$$\text{Almacenaje y Gastos Anuales} = \frac{\text{Gasto Anual}}{\text{Horas Anuales}}$$

$$A = \frac{G_a}{H_a} \quad \text{Donde}$$

A = Almacenaje

G_a = Suma de gastos anuales

- 6.- Factor de utilización. Si el equipo trabaja interrumpidamente se afecta la suma de cargos.

$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{Meses del año}}{\text{Meses Activos}}$$

$$FU = \frac{12 \text{ Meses}}{HA} \quad \text{Donde}$$

FU = Factor de utilización del equipo

HA = Meses activos del equipo.

GASTOS DE OPERACION. Cuando el equipo se encuentra en actividad se generan además los siguientes gastos:

7.- Combustible. El elemento que proporciona la energía

$$\text{Combustible} = \text{Consumo Horario} \times \text{Precio del Combustible.}$$

E = Cpc Donde

E = Combustible

C = Cantidad de Combustible por hoara

Pc = Precio del combustible puesto en la máquina.

8.- Lubricantes. Elemento que permite el funcionamiento eficiente del equipo y reduce el desgaste por fricción

$$\text{Lubricante} = \text{Consumo Horario} \times \text{Precio del Lubricante.}$$

L = apl. Donde

L = Lubricante

a = Cantidad de Lubricante por hora

pl = Precio del lubricante puesto en la máquina.

9.- Llantas. Este elemento se consume razón por la cual se considera fuera de gastos fijos.

$$\text{Llantas} = \frac{\text{Valor de las llantas}}{\text{Hora de vida llantas}}$$

Ll = $\frac{Vll}{Hll}$ Donde

Ll = Llantas

Vll = Valor de las llantas

Hll = Horas de vida de las llantas

- 10.- Operación. El aprovechamiento del equipo, sólo se puede realizar con una operación adecuada y especializada.

$$\text{Operación} = \frac{\text{Gasto Diario}}{\text{Horas por Día}}$$

O = $\frac{\text{So}}{\text{H}}$ Donde

O = Operación

So = Suma de salario por turno o mensuales incluyendo prestaciones, factor de salario real y factor de zona (no incluye factor de herramienta menor ni factor de maestro).

- 11.- Fletes. Necesario para transportar el equipo de almacén a obra y viceversa. Se integra al costo específico de la obra por la imprecisión de evaluarlo en forma horaria.

EQUIPO COSTO HORARIO

MAQUINA: CAMION VOLTEO

CAPACIDAD: 8 TON. 6 M3.

<u>CONCEPTO</u>	<u>OPERACIONES</u>	<u>COSTO HORARIO</u>
1.- Interés Sobre Capital $I = \frac{(Va) i}{Ha.}$	$\frac{100\ 000\ 000 \times 0.15/año}{2\ 400\ Hr/año}$	6,250.00
2.- Depreciación $D = \frac{Va}{VF}$	$\frac{100\ 000\ 000}{12\ 000\ Hr.}$	8,333.33
3.- Reparaciones T = QD	0.05 x 7,936.51	4,166.66
4.- Seguro $S = \frac{(Va) s}{Ha}$	$\frac{100\ 000\ 000 \times 0.03/año}{2\ 400\ Hr/año}$	1,250.00
5.- Gastos Anuales $A = \frac{Ga}{Ha.}$	$\frac{5'952\ 600}{2\ 400\ Hrs.}$	2,480.25
Suma de Equipo Inactivo		22,480.24
Factor de Utilización	12/12	1
Subtotal Horario Gastos Fijos		\$ 22,480.24
6.- Combustible E = cPc	8 Lt/Hr x 1100	8,800.00
7.- Lubricantes L = A PL	Acelte 0.10 Lt/Hr. x 4000 = 0.40 Grasa 0.125 Kg/Hr. x 5200 = 650 Servicio 0.005 servicio x Hr. 44,000 = 220	870.40
8.- Llantas $LL = \frac{VLL}{HLL}$	$\frac{767,145 \times 6\ Llantas}{8000\ Hr.}$	575.36
9.- Operación $O = \frac{So.}{H.}$	$\frac{2\ 502\ 480\ 1\ Operador+1\ Peón/mes}{200\ Hr/mes.}$	12,512.40
Subtotal Horario gastos de operación		\$ 22,757.76
	T O T A L	\$ 45,238.00

EQUIPO COSTO HORARIO

MAQUINA: RETROEXCAVADORA

CAPACIDAD : $3/4 \text{ Yd}^3$ 120 H.P.

CONCEPTO	OPERACIONES	COSTO HORARIO
1.- Interés sobre capital $I = \frac{(Va) i}{Ha}$	$\frac{140\ 000\ 000 (0.15)}{2\ 400}$	8,750.00
2.- Depreciación $D = \frac{Va}{Vf}$	$\frac{140\ 000\ 000}{12\ 000}$	11,666.66
3.- Reparaciones $T = QD$	$0.5 \times 10\ 500$	5,833.33
4.- Seguro $S = \frac{(Va) s}{Ha}$	$\frac{140\ 000\ 000 (0.03)}{2\ 400}$	1,750.00
5.- Gastos Anuales $A = \frac{Ga}{Ha}$	$\frac{15\ 933,120}{2\ 400}$	6,638.80
Suma de Equipo Inactivo		34,638.79
Factor de Utilización	12/12	1
SubTotal Horario Gastos Fijos		\$ 34,638.79
6.- Combustible $E = cPc (18.168) (695)$	C Diesel = $0.1514 \times 120 \text{ HP} = 18.168$ (5500) Aceite	12,626.76
7.- Lubricante $L = \frac{APL (0.0035 \times 120 \text{ H.P.} + \frac{38}{100})}{100}$ 0.04 Kg/Hr. (5200)	c=38 Lts. cambio cada 100 Hrs. (5500) Aceite Grasa	4,608.00
8.- Llantas $LL = \frac{VLL}{HLL}$	$\frac{(2) (1235\ 000) + 2(430\ 000)}{2\ 500 \text{ Hrs.}}$	1,332.00
9.- Operación $O = \frac{So.}{H}$	$\frac{1\ 534\ 290 \text{ Operador / Mes}}{200 \text{ Hrs./Mes.}}$	7,671.45
SUBTOTAL HORARIO GASTOS DE OPERACION		\$ 26,238.21
T O T A L		\$ 60,877.00

EQUIPO COSTO HORARIO

MAQUINA: DRAGA Ls - 108 con Almeja

CAPACIDAD: 1 Yd³ 275 H.P.

<u>C O N C E P T O</u>	<u>OPERACIONES</u>	<u>COSTO HORARIO</u>
1.- Interés sobre capital $I = \frac{(Va) I}{Ha.}$	$\frac{700\ 000\ 000 (0.15)/año}{2400\ Hr/año}$	43,750.00
2.- Depreciación $D = \frac{Va}{Vf}$	$\frac{700\ 000\ 000/Año}{12\ 000\ Hr/Año.}$	58,333.33
3.- Reparaciones T = QD	0.50 (52,500)	29,166.66
4.- Seguro $S = \frac{(Va) s}{Ha.}$	$\frac{700\ 000\ 000 (0.03)Año}{2\ 400\ Hr/Año.}$	8,750.00
5.- Gastos Anuales $A = \frac{Ga}{Ha.}$	$\frac{23\ 264\ 256}{2\ 400}$	9,693.44
Suma de Equipo Inactivo		149,693.43
Factor de utilización	12/5 X	2.4
Subtotal horario gastos fijos		\$ 359,264.25
6.- Combustible E = cPc	E=0.20Lts.x275 Hp/Hrx695	38,225.00
7.- Lubrificantes L = A Pi	Aceite 0.20 Lt/Hr.x5500=1100 Grasa 0.01 Kg/Hr. x5200= 52	1,152
8.- Llantas $LL = \frac{VLL}{HLL}$		
9.- Operación $O = \frac{So.}{H.}$	$\frac{4\ 380\ 750\ operador + 2\ Aytes/mes.}{200\ Hr/mes}$	21,903.75
Subtotal horario gastos de operación		\$ 61,280.75
TOTAL =		\$ 420,545.00

COSTO INDIRECTO

El monto de la obra a ejecutar para el contrato del laminador de placa con producción de 1.5 millones de toneladas de placa al año, fué de 412.624 millones de dólares a precios de 1982, cantidad que se desglosa: 70 % al equipo, 20 % al montaje y 10 % a obra civil. La contratista formó parte del consorcio Inglés-Mexicano y su contrato contemplaba el compromiso de la obra civil y montaje, por lo que la inversión del contrato es de 123.787 millones de dólares que hasta 1991 serían, considerando una paridad de la moneda nacional de 3150 pesos por dólar, igual a 389,930.18 millones de pesos.

Para simplificar el análisis en la determinación del costo indirecto, consideraremos en nuestro caso ponderados representativos, así tenemos:

COSTOS INDIRECTOS DE OPERACION.

Gastos Técnicos y Administrativos	4.90 %
Alquileres y/o Depreciaciones	0.55 %
Obligaciones y Seguros	0.10 %
Materiales de Consumo	0.40 %
Capacitación y Promoción	0.60 %

COSTOS INDIRECTOS DE CAMPO.

Gastos Técnicos y Administrativos	7.50 %
Traslado Personal Obra	0.90 %
Comunicaciones y Fletes	0.70 %
Construcciones Provisionales	1.50 %
Consumos y Varios	0.80 %

IMPREVISTOS DE CONSTRUCCION

Estos son aclarados en el contrato establecido que se analizarán y serán reclamables adicional al importe total de la obra.

FINANCIAMIENTO

En el contrato se establece que la empresa otorgará un anticipo sobre importe total de la obra de 20 % para inicio de los trabajos y material, además se establece que las estimaciones tendrán una periodicidad de 8 días por lo que no se considera el financiamiento.

FIANZAS.

La única fianza que aplica es la de Licitación para garantizar la seriedad de la proposición del concurso, pero ésta es únicamente simbólica y resulta despreciable en comparación al monto del proyecto.

IMPUESTOS Y DERECHOS REFLEJABLES.

FEDERALES

Ingresos Mercantiles, Tasa General para Constructoras, exime al Contratista por ser Obra Pública y es Contrato de la Federación.

Impuesto Sobre Valor Agregado 10 %

ESPECIALES

Secretaría del Patrimonio Nacional SEPANAL 0.05 %

RESUMEN

Costos Indirectos de Operación	6.55 %
Costos Indirectos de Campo	11.40 %
Impuestos y Derechos Reflejables	<u>10.05 %</u>

T O T A L = 28.00 %

Este total de 28 % corresponde al porcentaje que debe aplicarse al Costo Directo y representa el Costo Indirecto.

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

3.- Relleno con material grava-arena y compactación con rodillo liso vibratorio y humedad óptima. etc...

Unidad: M3.

MATERIALES

		CARGO POR MATERIALES \$ D.O		
<u>MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SALARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
CABO	1/10	JOR.	49,198	4,919.80
OF. ALBARIL	1	JOR.	49,394	49,394.00
PEONES	3	JOR.	32,273	96,819.00
S U M A				151,132.80

RENDIMIENTO 13.81 M3/JOR.

SUMA MANO DE OBRA/REND. 151,132.8/13.81 = 10,943.72

HERRAMIENTA (3% MANO DE OBRA) = 328.31

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 11,272.03

<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
CAMION VOLTEO	0.125	JOR.	361,904	45,238.00
RODILLO VIBRATORIO	1	JOR.	70,160	70,160.00
RETROEXCAVADORA	0.125	JOR.	487,016	60,877.00
S U M A				176,275.00

RENDIMIENTO 74 M3/JOR.

SUMA COSTO MAQUINARIA/REND. = 176,275/74

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 2,382.09

C.D. = 13,654.12
 C.I. = 0.28 C.D. = 3,823.15
 C.D. + C.I. = 17,477.27
 UTILIDAD 10 % = 1,747.73

PRECIO UNITARIO = \$ 19,225.00

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

- 6.- Colocación de concreto premezclado de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ con tamaño máximo de agregado de 3/4 de pulgada etc.... revenimiento $10^+ 2$ cm.

UNIDAD M^3

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
CONCRETO PREMEZCLADO.	1.03	M3	136,322.96	140,412.65

CARGO POR MATERIALES \$ 140,412.65

<u>MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SALARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
OFICIAL ALBARIL	1	JOR.	49,394	49,394.00
PEONES	3	"	32,273	96,819.00
		SUMA		\$ 146,213.00

RENDIMIENTO 14 M3/JOR.

SUMA MANO OBRA/REND. 146 213/14 10,443.78

HERRAMIENTA (3% DE MANO DE OBRA) 313.31

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 10,757.09

<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
----------------------------	-----------------	---------------	--------------	----------------

CARGO POR MAQUINARIA \$ 0.00

C.D.	=	151,169.74
C.I. = 0.28 C.D.	=	42,327.53
C.D. + C.I.	=	193,497.27
UTILIDAD 10 %	=	19,349.73

P.U. = \$ 212,847.00

SOPORTE DEL PRECIO UNITARIO

El concreto considerado es de Concretos Procesados, S.A. elaborado - dentro de las instalaciones de SICARTSA a una distancia no mayor de 1 Km.

Con precio de concreto f'c = 200 Kg con revenimiento 10 + 2.5 cm.

\$ 123 929.96 + 10 % I.V.A. = \$ 136,322.96 M3.

Su vaciado será directo y su compactado con plones.

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

- 8.- Suministro, habilitado y armado de parrillas para pánel de muro diafragma de dimensiones: largo 6m, ancho 0.60 m., profundidad-12.50 m. incluye: Corte, doblez, amarres, separadores, etc. . .

UNIDAD: Kg.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
VARILLA CORRUGADA + 3 % DESPERDICIO	1.030	KG.	1 129.04	1 162.91
TRASLAPES	0.0126	"	1 129.04	14.23
GANCHOS	0.0433	"	1 129.04	48.89
ALAMBRE No. 18	0.0300	"	1 881.74	56.45

CARGO POR MATERIALES = \$ 1 282.48

<u>MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SALARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
OFICIAL FIERRERO	1.0	JOR.	45,539	45,539
AYUDANTE	2.0	JOR.	36,844	73,688
			SUMA = \$	119,227

RENDIMIENTO: 500 KG/JOR.

SUMA MANO DE OBRA/RENDIMIENTO = 119,227/500 = 238.45

HERRAMIENTA (3% DE MANO DE OBRA) = 7.15

CARGO POR MANO DE OBRA= \$ 245.60

<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
CORTADORA (RENTA)	1.0	JOR.	105 952	105,952
DOBLADORA (RENTA)	1.0	JOR.	52 976	52,976
GRUA	0.07	JOR.	1'135 976	79,518.32
			SUMA = \$	238,446.32

RENDIMIENTO 500 KG/JOR.

SUMA COSTO DE MAQUINARIA /RENDIMIENTO 238 446.32/500

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 476.89

SUMA COSTO DIRECTO	=	2004.97
GASTO INDIRECTO 28 % DEL COSTO DIRECTO	=	561.39
SUMA COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO	=	2566.36
UTILIDAD 10 %	=	256.64
PRECIO UNITARIO TOTAL.	= \$	2823.00

SOPORTE DE PRECIO UNITARIO

CARGO POR GRUA

Considerando que al día se prepararán para colado 2 pánels y que se emplearán 30 minutos para izaje y colocación del armado de cada pánel tendremos:

1.0 Hras .activas (242,202 Hr) =	242,202
7.0 Hrs. inactivas (127,682 Hr) =	<u>893,774</u>
	1'135,976 Jornada

El peso de los 2 pánels será

Siendo W =	7 125 Kg. cada pánel
Wt = 2 (7125) =	14,250 Kg.

Por lo que el costo por Kg.será de :

$$1'135,976 / 14 250 = \$ 79.72 \text{ por Kg.}$$

En una jornada se colocan con la grúa los 14,250 kg. para 1000 Kg se emplearan.

$$\frac{1000}{14250} = 0.070 \text{ Jornadas}$$

ANALISIS DEL PRECIO UNITARIO

- 7.- Excavación de trinchera en presencia de lodo bentonítico con equipo de tractor de oru ga con almeja accionada hidráulicamente, para pánel de muro diafragma de etc...

Unidad: M3.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
			CARGO POR MATERIALES \$	0.00

<u>MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SALARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
CABO	1/10	JOR.	49,198	4,919.80
OF. ALBARIL	2	JOR.	49,394	98,788.00
AYUDANTES	5	JOR.	36,844	184,220.00
TOPOGRAFO	1	JOR.	86,122	86,122.00
CADENEROS	3	JOR.	35,546	106,638.00
			S U M A	= \$ 480,687.80

RENDIMIENTO 47 M3/JOR
 SUMA MANO DE OBRA/REND. = 480 687.80/47
 HERRAMIENTA (3 %) = 306.82

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 10,534.22

<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
CANION VOLTEO	3	JOR.	361,904	1'085,712.00
T. ORUGA C/ALMEJA	1	JOR.	3'364,365	3'364,365.00
BOMBA ELECTRICA 7 HP	1	JOR.	52,136	52,136.00
COMPRESOR	1	JOR.	308,464	308,464.00
BOMBA JOHN BEAM 535	1	JOR.	247,656	247,656.00
TRANSITO WILD T-1	1	JOR.	34,184	34,184.00
PIPA	2	JOR.	357,176	714,352.00
			S U M A	= \$ 5'806,869.00

RENDIMIENTO 67,905 M3/JOR.

SUMA COSTO DE MAQUINARIA/REND. = 5'806,869/67,905

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 85,514.78

C.D. = 96,049.00
 C.I. = 0.28 C.D. = 26,893.72
 C.D. + C.I. = 122,942.72
 UTILIDAD 10 % = 12,294.27

PRECIO UNITARIO = \$ 135,237.00

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

10.- Colocación de concreto premezclado de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ T.M.A. 3/4"
 revenimiento 18 - 2 cm.

Unidad: M3.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
CONCRETO PREMEZCLADO	1.03	M3.	149,541.86	154,028.12

CARGO POR MATERIALES = \$ 154,028.12

<u>MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SALARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
CABO	1/10	JOR.	49,198.00	4,919.80
OFICIAL ALBARIL	2	JOR.	49,394.00	98,788.00
PEONES	4	JOR.	32,273.00	129,092.00

S U M A = \$ 232,799.80

RENDIMIENTO 40 M3/JOR.

SUMA MANO OBRA/REND. = $232,799.80/40 = 5,819.99$

HERRAMIENTA (3% DE MANO DE OBRA) = 174.60

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 5,994.59

<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
COMPRESOR	1	JOR.	308,464	308,464.00
BOMBA	1	JOR.	52,136	52,136.00

S U M A = \$ 360,600.00

RENDIMIENTO 148.5 M3/JOR.

SUMA COSTO MAQUINARIA/REND. $360,600/148.5$

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 2,428.28

C.D.	=	162,450.99
C.I. = 0.28 C.D.	=	45,486.28
C.D. + C.I.	=	207,937.27
UTILIDAD 10 %	=	20,793.73

PRECIO UNITARIO = \$ 228,731.00

SOPORTE DEL PRECIO UNITARIO

El concreto considerado es de Concretos Procesados, S.A. elaborado dentro de las instalaciones de SICARTSA a una distancia no mayor de 1 Km. Con precio de concreto f'c = 200 kg con revenimiento de 10 ± 2.5 cm.

\$ 123,929.96

Adicional para revenimiento 18 cm 12 017.18

T O T A L = 135,947.14 + 10 I.V.A. = \$ 149 541.86

Cargo por compresor de 365 P.C.H. (PARA DESALOJO DE LODO)

Se ocupará activamente una jornada para el colado de 2 páneces con volumen total de 99 M³.

El precio horario activo corresponde a 38 558 (8Hrs.) = 308 464 Jor. Obteniendo para un M³ un costo de:

$$\frac{308,464}{99} = \$ 3 115.80 \text{ M}^3.$$

Correspondiendo $\frac{1}{99} = 0.010$ Jornadas ocupadas por M³ desalojado que corresponde a $(0.010) (8) = 0.08$ Hrs. por M³

Cargo por bomba eléctrica de 7 H.P. (para recirculación de lodo)

Se ocupará activa una jornada por lo que al igual que el cargo por compresor corresponde:

$$\frac{1}{99} = 0.010 \text{ Jornadas ocupadas por M}^3.$$

Que corresponde a $(0.010) (8) = 0.08$ Hrs. por M³. y el costo por Jornada \$ 6 517 (8 Hrs) = \$ 52,136 Jornada.

Rendimiento: El volumen de lodo a reciclar será de:

V páneces x 1.50 = (99) (1.50) = 148.5 M³/Jor.

ANALISIS DEL PRECIO UNITARIO

- 11.- Suministro, dosificación, control, manejo, recuperación y tratamiento para suspensión de lodo bentonítico a base de agua dulce y bentonita sódica en polvo para 10-grar propiedades: etc...

UNIDAD: M3.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
BENTONITA SODICA	1.03	M3.	40,810.65	42,034.97
			CARGO POR MATERIALES = \$	42,034.97
<u>MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SALARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
AYUDANTES	5	JORN.	36,844.00	184,220.00
OF. ALBARIL	2	JORN.	49,394.00	98,788.00
CABO	1/10	JORN.	49,198.00	4,919.80
			S U M A	= \$ 287,927.80

RENDIMIENTO	30 M3/JOR.			
SUMA MANO OBRA /REND.	287,927.80/30	= 9 597.593		
HERRAMIENTA	(3%)	= 287,93		

CARGO POR MANO DE OBRA = \$ 9,885.52

<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>
BOMBA 3" Ø	1	JOR.	53,896.00	53,896.00
PLANTA FABRICACION DE LODOS	1	JOR.	101,214.00	101,214.00
			S U M A	= \$ 155,110

RENDIMIENTO	100 M3/JOR.
SUMA COSTO MAQ./REND.	155 110/100

CARGO POR MAQUINARIA = \$ 1,551.10

C.D.	=	53,471.59
C.I.	=	14,972.05
C.D. + C.I.	=	68,443.64
UTILIDAD 10 %	=	6,844.36
PRECIO UNITARIO	= \$	75,288.00

SOPORTE DEL PRECIO UNITARIO

El precio de la bentonita sódica es de \$ 424.89 por Kg.

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo IV, con concentración de 10 % de Bentonita Sódica 1 M3 de lodo estabilizador contiene:

96.05 Kg. de Bentonita
0.959 M3. de agua

Por lo tanto el costo por la bentonita en 1 M3. sería de:

(424.89) 96.05 = \$ 40,810.65

El precio del agua debido a que es proporcionado en la planta no es considerado en el costo.

Especificaciones Técnicas. Con el propósito de que todos los trabajos sean realizados dentro de ciertas características de calidad, para la elaboración de un contrato, el catálogo de conceptos se hace acompañar además de planos y croquis ilustrativos del diseño, de normas y especificaciones técnicas, que rijan al contratista ejecutor y garantice mediante reglas preestablecidas, una buena ejecución con resultados de calidad para el dueño. A continuación se presentan las especificaciones técnicas establecidas para la ejecución de los trabajos en la construcción de los muros diafragma, para cimentación de los hornos de recalentamiento del laminador de placa en Cd. Lazaro Cárdenas Michoacán.

MUROS DIAFRAGMA COLADAS EN SITIO

1.0 DEFINICIONES

- 1.1 Se entenderá por "Muros Diafragma Armados Colados en Lodo Bentonítico" el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el Contratista para excavar el terreno, llevado a cabo por el procedimiento ó "Método de Excavación en Lodo Bentonítico", y que posteriormente se llenará de concreto reforzado, de acuerdo con los lineamientos señalados por el proyecto - Y/o el Ingeniero y a la entera satisfacción de éste último, las que constituirán muros diafragma destinados a la sustentación de estructuras, maquinaria y/o equipo; y eventualmente para prueba de carga "de trabajo" ó "a la falla".
- 1.2 El "Método de Excavación en Lodo Bentonítico", es el procedimiento que consiste en efectuar una excavación en presencia de un lodo bentonítico, que se va colocando en sustitución simultánea del material excavado.
- 1.3 El "Colado en Lodo Bentonítico", es el procedimiento que -- consiste en colocar el concreto en una excavación estabilizada con lodo bentonítico, el que se va desalojando desde el fondo de la excavación, por el concreto del colado, debido a la diferencia de densidades.
- 1.4 El "Lodo Bentonítico", es una mezcla coloidal de agua y bentonita, cuya función es servir de sustentación ó soporte a las paredes de una excavación, impedir la entrada del agua subterránea y lubricar la herramienta de perforación.

1.5 Ingeniero.- Representante autorizado por la empresa ante el Contratista para supervisar y exigir que se cumpla con las estipulaciones del contrato y/o las Normas de Ingeniería y/o la mejor práctica constructiva.

1.6 Contratista.- Es la persona, firma ó corporación que mediante contrato celebrado con la empresa tome a su cargo la ejecución de una obra, ya sea que obre por sí ó por medio de sus representantes debidamente autorizados.

2.0 MATERIALES

Los materiales que se utilicen en la fabricación de las pilas coladas en lodo bentonítico, serán de las características señaladas en esta norma, por el proyecto y/o por el ingeniero y sometidos a previa inspección y aprobación del ingeniero.

3.0 LODO BENTONITICO

3.1 Bentonita

La bentonita que se emplee en la elaboración del lodo bentonítico, será del tipo sódica en polvo.

3.2 Lodo

El lodo, para dar sustentación a las paredes de las excavaciones realizadas por el "método de lodo", consistirá en una mezcla coloidal estable de bentonita sódica en polvo y agua dulce, cuyas propiedades pueden hacerse variar con la dosificación; para que el lodo pueda cumplir con los siguientes requerimientos específicos.

- 3.2.1. La viscosidad en el cono "Marsh" deberá estar comprendida entre 42 y 44 segundos a 26° C a su preparación y durante los trabajos podrá admitirse una variación de \pm 5 segundos.

Este valor deberá ser ajustado durante el desarrollo de los trabajos, al ir comprobando la eficiencia del lodo; por ejemplo cuando se tenga fuerte pérdida de lodo en la circulación durante la excavación, se podrá aumentar la viscosidad y aún la densidad del lodo con aditivos como barita, silicatos ó aún se pueden añadir colmatadores; pero la viscosidad y la densidad deberán restablecerse previamente al colado.

- 3.2.2. La densidad media en la balanza de lodos "Bariod", no será menor de 1.10 en lodo recién preparado y deberá mantenerse dentro del rango 1.10-1.20

- 3.2.3. Siempre debe existir empuje sobre la pared de la excavación, que ayudará a estabilizarla; por lo que, se requiere además de la densidad, de una carga hidrostática de lodo bentonítico con altura mínima de 1.00m. sobre el nivel freático, para impedir la entrada de agua subterránea a la excavación y estabilizar las paredes de ésta.

- 3.2.4. El límite superior de la densidad del lodo quedará -- condicionado por la dificultad de su manejo, la arcilla diluida en agua no permite sobrepasar el valor de 1.4, por encima del cual los lodos no son bombeables.

- 3.2.5. El contenido de arena de lodo, por contaminación con materiales de la excavación a 20 (veinte) cm del fondo de la excavación, no deberá ser mayor de 5% en vólumen, inmediatamente antes del colado.
- 3.2.6. El muestreo de los lodos deberá efectuarse en los lugares de máxima agitación, cerca de la alimentación, para evitar los efectos de tixotropía.

3.3 Agua

- 3.3.1. El agua para la fabricación de lodos, será agua dulce, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, materias orgánicas y otras sustancias que pueden ser nocivas, con menos de 50 p.p.m. de sales. La salinidad máxima de la fuente no excederá de 400 p.p.m.
- 3.3.2. Deberá ser de buena calidad para fabricar concreto y mortero; por lo que deberá ser ensayada y comparada con el comportamiento de morteros preparados con el agua de la obra y con el de los preparados con agua destilada.

4.0 CONCRETO

4.1 Generalidades

Salvo que se estipule otra cosa en los planos respectivos, en la fabricación, manejo y colado de concreto se aplicará todo lo indicado en las Normas de Ingeniería.

4.2 Resistencia

- 4.2.1. La resistencia mínima del concreto a la compresión -- simple, a los 28 días será $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, cuando se use un cemento Portland con relación agua-cemento de 0.5. Tanto ésta como las demás pruebas se ajustarán al "Manual de Concreto" y al "Instructivo de Concreto de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- 4.2.2. Se tomará una muestra por cada 30 m^3 ó fracción la -- que consistirá de 4 cilindros para concreto con cemento Portland; para concreto con retardante ó con concreto puzolánico, la muestra consistirá de 6 cilindros Pero dependiendo de las condiciones observadas en la-fabricación y colocación, el Ingeniero ordenará el número y periodicidad de las muestras.
- 4.2.3. La fabricación, manejo y conservación de las muestras deberá efectuarse de acuerdo con el "Instructivo de - Concreto", para garantizar la confiabilidad de los resultados.
- 4.2.4. La edad de prueba de los cilindros preparados conforme al "Manual de Concreto" y al "Instructivo de Concreto" será: Para cemento tipo normal ó Resistencia Rápida a 7 días 2 cilindros, a 28 días 2 cilindros. - Para cemento puzolánico ó con retardante a 7 días 2 - cilindros, a 28 días 2 cilindros, a 90 días 2 cilindros.

4.3 Revenimiento

- 4.3.1. Como medio de control de la resistencia, de revoltura a revoltura, se efectuará para cada revoltura la prueba del revenimiento, como lo especifica el "Manual de Concreto" y el "Instructivo de Concreto".

4.3.2. El revenimiento será de 18 ± 2 cm.

4.4 Cemento

El cemento que se utilice para la elaboración del concreto - que va a estar expuesto a suelos con concentraciones perjudiciales de sulfatos y aguas que contengan sulfatos ó agua de mar deberá ser cemento tipo V, ó si la exposición del concreto a los sulfatos es considerable ó severo usar cemento puzolánico. Si el grado relativo de ataque es moderado, usese - tipo II.

4.5 Agregados

4.5.1. Los agregados cumplirán con las especificaciones señaladas por el laboratorio de SICARTSA, en cuanto a limpieza, granulometría, dureza, sanidad, resistencia a la erosión, etc.

4.5.2. El tamaño máximo del agregado será de 19 mm (3/4").

4.6 Aditivos

4.6.1. Podrá emplearse aditivos de calidad comprobada, líquidos, minerales finamente divididos ó pulverizados - que satisfagan la norma respectiva; tanto el tiempo - aditivo como el momento de su aplicación será sometido para aprobación del Ingeniero.

4.6.2. Aditivos inclusores de aire; mejoran la plasticidad, la trabajabilidad, la uniformidad en la colocación, la compactación, permiten la reducción del contenido de agua, reducen la segregación, el sangrado y aumentan la resistencia del concreto a la acción de los sulfatos.

- 4.6.3. Aditivos acelerantes, en climas cálidos deben ser -- usados con cuidado por que pueden resultar efectos - perjudiciales; reduce el tiempo de fraguado inicial- y final, y la cantidad de aditivo inductor al aire; se obtiene aumento notable de la resistencia a la compresión a edades tempranas, la resistencia al ataque de sulfatos se disminuye.
- 4.6.4. Aditivos retardantes: retardan el fraguado del concreto y producen inclusión de aire; por lo que son considerados fluidificantes. Los ligno sulfonatos comúnmente reducen el sangrado. Algunos aditivos pueden - contener cloruro de calcio que es potencialmente corrosivo para acero pretensado y reducen la resistencia del concreto a la acción de los sulfatos.
- 4.6.5. Aditivos reductores de agua, aumentan el revenimiento del concreto si se mantiene constante el contenido -- del agua de la mezcla. Para el mismo revenimiento -- este aditivo mejora la trabajabilidad y la respuesta a la vibración, disminuye la segregación.

5.0 ACERO DE REFUERZO

- 5.1 El acero de refuerzo será de calidad y diámetros especificados en los planos y/u ordenados por el Ingeniero.
- 5.2 Deberá tenerse especial cuidado con los traslapes y/o soldaduras.
- 5.3 Deberán proporcionarse los separadores y agarraderas necesarios, aunque no estén mostrados en los planos, que permitan el armado, el manejo de almacenado, transporte y su colocación.

- 5.4 El acero deberá estar libre de pintura, grasa, aceites, concreto ó morteros que disminuyan su adherencia.
- 5.5 En los empalmes con soldadura deberá cuidarse: El no provocar cráteres sobre las varillas empalmadas; el que las varillas sean soldables sin afectar la resistencia de diseño.

6.0 EQUIPO

6.1 Equipo de excavación

El equipo de excavación deberá ser rígido y con la suficiente sección transversal para garantizar la mayor rigidez posible, según las profundidades de excavación previstas; la rigidez del equipo deberá ser suficiente para evitar cualquier movimiento lateral de péndulo que pudiera acarrear desviaciones ó defectos en la forma de la sección.

Además deberá estar acondicionado para permitir una rectificación rápida a su posición horizontal Y/o vertical, en caso necesario, y deberá permitir un centrado constante y fijo de la herramienta de corte en posición de excavación.

Todas éstas características deberán ser comprobadas continuamente durante el proceso de excavación.

La herramienta de corte será almeja accionada hidráulicamente ó bote, que permita un control exacto de las dimensiones de la excavación; podrá ser la del tipo Williams, Polensky, Bento, Cadweid ó cualquier otra que cumpla estos requerimientos.

6.2 Equipo para mezclado de lodos

El equipo para mezclado de lodos, deberá constar básicamente de los siguientes elementos, ó de sus equivalentes:

- a) Depósito de arcilla a granel ó ensacada, que la proteja de la humedad.
- b) Un mezclador hidráulico adecuado, capaz de producir una mezcla homogénea y una suspensión coloidal de la bentonita en el agua.
- c) Un depósito para saturación de lodos
- d) Un depósito para lodos hidratados que alimentará el consumo de la excavación.
- e) Un depósito regulador de la producción de lodos de consumo, en donde eventualmente se efectuó el tamizado "purificador de lodos"
- f) Tanque de sedimentación
- g) Hidrociclones
- h) Bombas de circulación, mangueras, tuberías
- i) Laboratorio de control de lodo, con equipo e instrumental.

6.3 Equipo de carga y de transporte de producto de la excavación.

6.3.1. El material producto de la excavación para alojar las pilas, se considera como desperdicio y se depositará en el lugar indicado por el ingeniero.

6.3.2. La carga, el acarreo y descarga del producto de la excavación será efectuado con el equipo adecuado, para que no contamine otras áreas de trabajo.

6.4 Equipo de manejo y transporte y de colocación de armado.

6.4.1. Será de tales características que:

a) No deforme la geometría ni la posición del refuerzo principal ni de los separadores, cuando lo maneje del frente de armado al de almacén ó estiba.

b) No arrastre ó golpee los armados.

c) No ocasione aflojamiento de los amarres

d) No dañe las preparaciones especiales

6.4.2. Equipo de manejo para colocación

Deberá tener barras, ganchos, estrobos, etc. que permitan retirar del almacén los armados sin doblar, ni cambiar de posición las varillas ni sus amarres, haciendo uso de las agarraderas provistas en el proyecto y/u ordenadas por el Ingeniero.

6.4.3. Equipo de transporte

Deberá poder transportar el armado, sin golpearlo, --arrastrarlo ó deformarlo.

6.4.4. Equipo de colocación

Deberá tener una pluma que permita y asegure la verticalidad del armado antes de su colocación, así como su centrado en la excavación; medido y verificado an-

tes y durante el proceso de colocación.

- 6.4.5. Podrá por razones constructivas, usar un mismo equipo para dos ó más de las actividades aquí enunciadas.

6.5 Equipo de colado

- 6.5.1. Deberá contarse con un equipo para cada tubería, cuando se usen simultáneamente.
- 6.5.2. Deberá tener una pluma que permita la introducción de la tubería completa con su cono antes del colado y durante el colado deberá permitir los movimientos ascendentes y descendentes de la tubería cuando se haga necesario.
- 6.5.3. Bombas para la recuperación de lodo durante el colado
- 6.5.4. Instrumentos para la medición del revenimiento.
- 6.5.5. Sondas graduadas acoplables.

7.0 PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION

7.1. Localización

Auxiliándose en los puntos de apoyo de las referencias, se colocará una estaca en el centro de la excavación con las 3 coordenadas que identifiquen al punto, y con los ejes de referencia necesarios para que sea orientada la pila de acuerdo con el proyecto.

7.2 Brocal

Se hará la excavación para la colocación del brocal con la orientación del proyecto. El brocal podrá ser de concreto simple ó metálico removible. La profundidad del brocal será tal que garantice que no hará derrumbes por el efecto de maniobras y tránsito del equipo de la inmediaciones y sus otras dimensiones, deben permitir el fácil acceso de la herramienta de excavación.

7.3 Para continuar la excavación de cada pila, se llenará primeramente la excavación, que se haya efectuado para colocar los brocales, con lodo bentonítico.

7.4 Se colocará el equipo de excavación en el lugar que ocupará en una posición fija, alineado y nivelado correctamente. No se moverá de esa posición hasta que haya terminado de excavar a la profundidad del proyecto u ordenada por el ingeniero.

7.5 La excavación podrá efectuarse deslizando lentamente la herramienta, tanto para bajar como para subir, con el objeto de evitar choques con el lodo ó contra las paredes; y efectos de émbolo, las cuales son perjudiciales para la verticalidad y alineamiento de las paredes de la excavación.

Por ningún motivo el cucharón ó el bote deberá chicotear, ó dejarse caer repentinamente, sacudirse ó levantarse bruscamente; en la excavación.

7.6 A la salida de la almeja ó del bote de lodo, deberá detenerse un momento, abriéndose ligeramente, para permitir el escurrimiento del lodo de la excavación.

- 7.7 La excavación deberá hacerse en forma tal que se ejecute - - con limpieza y no propicie caídos ni derrumbes.
- 7.8 En caso de que haya perforaciones guías, el cucharón deberá centrarse en ellas.
- 7.9 Cuando la herramienta esté dentro de la excavación, el nivel del lodo deberá mantenerse más ó menos 10 cm del nivel espe-
cificado del lodo.
- 7.10 Cuando se alcance la profundidad proyectada de la excavación, deberá procurar dejar una superficie sensiblemente horizon-
tal en el fondo de la misma con maniobras lentas de la alme-
ja.
- 7.11 Es necesario que durante todo el tiempo de la excavación, el lodo que la estabiliza esté líquido libre de geles y con un mínimo de agua libre, cumpliendo con 4.3.5.

8.0 REGISTRO DE CAMPO

- 8.1 De cada excavación para pila, se llevará un registro de cam-
po cuidadoso. Se deben registrar los cambios de material con la profundidad, encargando a un técnico y a sus ayudantes de:
- a) Clasificación SUCS
 - b) Registro de la Estratigrafía con la profundidad que conten-
drá el nivel del brocal y la identificación de la pila.
- 8.2 El registro deberá ser legible y fotocopiable, entregandose - el material a SICARTSA.

9.0 LIMPIEZA DE LA EXCAVACION

- 9.1 Al concluir la excavación para una pila, se procederá a realizar la limpieza del fondo de la misma. Para ello, inicialmente se repasará el fondo de la excavación con la herramienta de corte, sacando con ella todo el azolve grueso que se haya depositado. Asimismo se aprovechará esta manobra para nivelar el fondo, tendiendo a dejarlo en un plano sensiblemente horizontal. Esta operación requiere habilidad de los operadores del equipo para limpiar efectivamente y no sobreexcavar. En pilas circulares con diámetro inferior a 1m, se considera que al concluir la excavación, se ha realizado la limpieza si se ha afinado la misma.
- 9.2 Se deberá verificar con sonda que el fondo haya quedado libre de azolves y que tienda sensiblemente a un plano horizontal.
- 9.3 Terminada la limpieza del fondo, se determinará la viscosidad "Marsh" y el contenido de arena del lodo bentonítico que lo estabiliza. Si estas propiedades están dentro de las tolerancias especificadas, la perforación estará en condiciones de recibir el armado ó refuerzo y el concreto.
- 9.4 Si después de terminada la limpieza y comprobadas las características del lodo en la excavación transcurrieren más de ocho horas y no se hubiere colocado el armado e iniciado el colado, se hará necesario comprobar nuevamente si el lodo y la excavación cumplen con las especificaciones requeridas; en caso contrario, se repetirán las operaciones de limpieza.

10.0 COLOCACION DEL ARMADO

10.1 Una vez aceptada la excavación en posición, profunda y dimensiones y comprobadas las características del lodo, se procederá a introducir inmediatamente los armados correspondientes, verificando constantemente la verticalidad y el alineamiento.

Para que los armados desciendan bien centrados, se colocarán en sus flancos elementos separadores de concreto ó acero removibles que garanticen el recubrimiento mínimo.

10.2 Para mantener los armados en su posición se utilizarán perfiles de acero transversales, apoyados sobre el brocal, que sirven de soporte al armado; para que no se apoye en el fondo de la excavación, con lo cual se asegurará el recubrimiento requerido en el fondo.

10.3 Se troquelará el refuerzo para evitar que el flujo del concreto lo expulse de su posición.

10.4 El armado deberá estar provisto en su parte central de un espacio ó de más; simétricamente dispuestos según las dimensiones de la pila; para dejar paso a la tubería de colado, cada espacio estará limitado con varillas verticales que servirán de guía a la tubería.

10.5 El armado deberá tener refuerzos especiales que garanticen que no se deformará durante su colocación ni durante el proceso de colado.

11.0 COLOCACION DEL CONCRETO

- 11.1 La colocación del concreto en la excavación se efectuará - por medio de una ó más columnas formadas por un tubo, que - se introducirá inmediatamente después de colocado el arma - do, hasta el fondo de la excavación a través del lodo bento nítico, y se levantará 10 cm antes de iniciar el colado.
- 11.2 La columna ó columnas de colado, deberán estar provistas de un tapón en el extremo inferior en la maniobra de descenso al fondo. Este tapón deberá estar colocado en tal forma -- que sea fácilmente desplazable por el concreto; cuando el - tapón no sea metálico, deberá ser de un material con densi- dad menor que el lodo bentonítico, para que se elimine por flotación.
Se admitirá otro procedimiento alternativo que garantice la no contaminación del concreto, sujeto a aprobación de SICARTSA.
- 11.3 La tubería de colado deberá ser hermética en su pared y conexiones para impedir la penetración del lodo ó que se pierda lechada.
- 11.4 En el extremo superior de la tubería se tendrá una tolva, embudo ó cono para la captación y encauzamiento del concreto.
- 11.5 El colado del concreto en cada pila, deberá iniciarse a más tardar media hora después de terminada la colocación del armado, ya que, de no hacerlo así podría haber caldos y/o derribes.

- 11.6 El punto de descarga de la tubería de colado deberá mantnerse todo el tiempo sumergido en la masa de concreto que va colando, un mínimo de 2.0M.
- 11.7 Para facilitar el desplazamiento del concreto de la tubería de colado, se podrá efectuar movimientos de ascenso y descenso de la tubería respetando siempre la longitud de tubo ahogado 2.0M como mínimo, también para el mismo efecto podrá acortarse parcialmente la tubería respetando la sumergencia.
- 11.8 Si se emplea una sola tubería de colado, ésta deberá estar situada en el centro de la sección. En caso de emplearse más de una línea, estas deberán estar colocadas en forma simetrica y lo más alejado posible de las paredes de la excavación; el ritmo de colado en este caso, deberá ser tal, que la superficie del concreto permanezca sensiblemente horizontal durante el colado.
- 11.9 Durante la operación del colado, el lodo de la excavación deberá ser continuamente bombeado, manteniendo su nivel original.
- 11.10 El colado de cada unidad deberá ser continuo, sin interrupciones mayores de 15 minutos, procurando que no baje el nivel del concreto en el cono de la alimentación de la columena de colado, más allá del nivel previsto, para asegurar que no se meterá el aire en la línea de colado.
- 11.11 Se llevará un control de colado con personal y equipo de topografía para cada pila, que consiste en:

- 11.11.1 Se hará una gráfica teórica, volumen de concreto contra profundidad del concreto de cada muro, -- con la localización y niveles de proyecto.
- 11.11.2 Registrar en la gráfica, la profundidad promedio de 3 medidas, efectuadas después de cada bachada; así como el volumen colado.
- 11.11.3 Con el registro decidir si se requiere aumentar - el pedido de concreto debido a sobre excavación ó caídos que además permite juzgar la calidad de la excavación y el colado por comparación con la gráfica teórica.
- 11.11.4 Las gráficas se entregarán a la empresa.
- 11.12 Una vez iniciado el colado no deberá ser interrumpido por - ningún motivo hasta la terminación del colado proyectado ó por orden del Ingeniero.
- 11.13 El nivel superior de colado será tal que, rebase en 50 cm - al nivel de proyecto de la cimentación.
- 11.14 El descabece de las pilas se hará con las herramientas y -- procedimientos que permitan hacer cortes horizontales, apro-
badas por el Ingeniero.
- 11.15 El descabece tendrá una longitud mínima de 25 cm y una máxi-
ma determinada por el Ingeniero, para garantizar que se re -
tire todo el concreto contaminado con lodo bentonítico.

11.16 Cuando se haya suspendido un colado abajo del nivel de proyecto ó cuando con el descabece quede la cabeza de la pila abajo del nivel de proyecto, se hará un colado posterior - con cimbra; empleando prácticas para unir colados de diferentes edades, aprobadas por el ingeniero.

12.0 TOLERANCIA EN EJES Y NIVELES

12.1 Verticalidad en excavaciones.- El Contratista deberá asegurar permanentemente la verticalidad de su equipo de excavación.

12.2 La posición real del centro geométrico de cada muro no debe ré distar del centro proyectado de la misma más de 5% de la mínima dimensión transversal de ella.

12.3 Inclinación de los muros.- No se permiten inclinaciones mayores de 0.5% de la longitud del muro.

12.4 La elevación de la cabeza de cada muro al terminar el colado, respecto al nivel del proyecto, no deberá ser inferior a 20 (veinte) cm ni mayor de 100 (cien)cm.

13.0 CONTROL DEL LABORATORIO DE LA EMPRESA

13.1 El laboratorio de la empresa intenverdrá para garantizar el cumplimiento de las normas aquí indicadas para los lodos, - concreto, acero de refuerzo y agua.

13.2 Se analizará la salinidad del agua de la fuente usada para la fabricación del lodo bentonítico, la que no deberá con-tener más de 400 p.p.m. de sales; pero de preferencia uti-lizar agua dulce con menos de 50 p.p.m. de sales, que produ

ce un lodo con excelente comportamiento.

- 13.3 Se analizarán las muestras de lodos siempre que el Ingeniero lo ordene, pero especialmente cuando se vaya a iniciar un colado.
- 13.4 El laboratorio aprobará cuando un lodo bentonítico podrá -- usarse, no pudiendo autorizarse la iniciación ó continuación de excavación alguna sin lodo aprobado.
- 13.5 El laboratorio informará al Ingeniero de los lodos que no - satisfagan las especificaciones de calidad y caracterfsti - cas de los fluidos; así como de los lodos bentoníticos con- taminados que no puedan ser económicamente regenerados y -- que son considerados material de desperdicio.
- 13.6 Se encargará de la fabricación, manejo, almacenaje de las - probetas de cemento, concreto ó acero de refuerzo y de la - ejecución de pruebas ordenadas por el Ingeniero.

14.0 TRABAJOS FINALES

- 14.1 Una vez terminado el colado de cada pila, el contratista -- efectuará la limpieza a satisfacción del ingeniero, retiran- do el desperdicio de concreto, lodo bentonítico, materiales, herramientas y/o equipo.
- 14.2 Se retirarán los brocales removibles, relleno la excava - ción con materiales libres de escombros y de lodo bentoníti - co.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

El método del lodo bentonítico representa una de las armas más importantes y usadas en la actualidad para la ejecución de los trabajos en medios adversos. Su aplicación viene a solucionar problemas serios surgidos al excavar en suelos inestables y con problemas hidráulicos. Es un método relativamente fácil y sencillo de ejecutar, pero requiere de un control en campo y supervisión estrictos, ya que las causas que varían la solución bentonítica son diversas y la modificación a sus propiedades dejan fuera de control los efectos que van en detrimento de la calidad y funcionalidad de los elementos construidos, que redundarían en el tiempo y costo de ejecución del proyecto.

Dada la importancia y monto de la inversión para la construcción de un sistema cerrado con muros diafragma, se hace necesaria la implementación de una cuadrilla de supervisión que cuente con el equipo de control en campo necesarios para cuidar, que en cada una de las etapas constructivas, se sigan los trabajos de acuerdo a lo proyectado, ya que los errores constructivos solamente serán visibles cuando se ejecute la excavación del área y se exponga a la vista los muros al continuar con la construcción de los demás elementos que integran la estructura.

Por razones diversas de diseño, disponibilidad de equipo y tiempo para la ejecución de los trabajos, la solución a base de muros diafragma resultó ser la más adecuada y estructuralmente segura para garantizar la integridad de las edificaciones presentándose a continuación las ventajas y desventajas al adoptar su uso.

VENTAJAS: Los muros diafragma son elementos portantes -- de cimentación y a la vez sirven como pantalla para retención de suelo y carga hidrostática.

Una vez construidos permiten continuar con los trabajos de la superestructura sin peligro de colapsos del suelo, reteniendo además del suelo de las paredes, al agua colgada que agrava las actividades de excavación.

Su método de construcción es relativamente sencilla y su técnica ampliamente comprobada como un sistema eficiente rápido y seguro para su empleo en medios adversos.

Se cuenta en el mercado con la variedad extensa de arcil-
llas naturales y bentonita sódica necesarios para la aplicación del-
método.

El empleo de muros diafragma no se limita a un uso tempo-
ral como elementos de retención sino a la vez con uso definitivo pa-
ra el soporte y transferencias de cargas de magnitud considerable co-
mo los presentados en naves industriales o edificaciones pesadas.

Su técnica y procedimiento constructivo permite su uso en
zonas urbanas ante obras existentes sin dañarlas.

Existe en el país equipo y personal calificado para estos
trabajos sin necesidad de consulta extranjera, lo que permite efectuar
trabajos de alta tecnología a un costo accesible poniéndose de mani-
fiesto en obras ya concluidas como lo son en la Cd. de México en --
obras del Sistema de Transporte Colectivo del Metro, en obras del Dre-
naje Profundo para Lumberas, y en Cd. Lázaro Cárdenas, Michoacán pa-
ra proyectos de producción de varilla y placa de la Industria Side-
rúrgica.

DESVENTAJAS: Ante presencia de químicos como componentes del suelo a excavar se hace necesario el uso de aditivos en el lodo-estabilizador que incrementan notablemente el costo del método.

En presencia de agua de mar se requiere el empleo de Bentonita Sódica, descartando el empleo de arcilla natural por requerir aditivos que mejoren sus propiedades.

Las propiedades del lodo deben ser rigurosamente controladas, razón por la cual se debe contratar una supervisión que cuide -- que el ejecutor se mantenga dentro de las tolerancias de acuerdo a lo establecido por normas y especificaciones.

Los defectos causados por inobservancia de normas y especificaciones o por errores constructivos, no pueden ser detectados -- hasta que al continuar con los trabajos para la superestructura, se excave y los muros queden al descubierto.

El acabado de los muros es rústico y lleno de protuberancias e imperfecciones ya que es influencia del suelo en el cual se excavó, razón por la cual no se puede considerar como un acabado arquitectónico final y se hace necesario unirlos con muros de recubrimiento.

Debido al método, es imposible evitar que una zona del -- concreto que se ubica con su desplazamiento hasta la parte superior -- del muro, sea contaminado con bentonita, por lo cual en el diseño del muro se deberá considerar una sobre-dimensión de 25 ó 50 cm. que se -- rán demolidos al continuar los anclajes con los siguientes elementos-estructurales.

Para la ejecución de las excavaciones se requiere un operador de equipo sumamente experimentado y con destreza comprobable, ya que de él dependerá la calidad y exactitud del producto final, teniendo en cuenta que todo el trabajo de excavación y colado no es posible inspeccionarlo visualmente y es solo mediante el uso de sondas como --

se controla la profundidad de diseño, lo cual limita los alcances - preventivos y predictivos.

BIBLIOGRAFIA

- | | |
|--|----------------------------------|
| Slurry Wall
Ed. Mc. Graw - Hill Book Company | Petros P. Xanthakos |
| Mecánica de Suelos
Ed. Limusa | Juárez Badillo
Rico Rodríguez |
| Mecánica de Fluidos y Máquinas
Hidráulicas.
Ed. Harla | Claudio Mataix |
| Manual de Ingeniería
Ed. Limusa | Mott Souders |
| Normas de Ingeniería Civil | SICARTSA |
| Perfil de las Plantas de II Etapa | SICARTSA |
| Estudio de Factibilidad Técnica
Económica y Financiera de la II
Etapa. | SICARTSA |
| Tiempo y Costo en la Edificación
Ed. Limusa | Suárez Salazar |
| Manual de Proyectos de Desarrollo
Económico. | CEPAL/AAT |