Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

29
102

"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACION AUDITORIO DE LA LINEA 7 DEL METRO DE LA CD. DE MEXICO."

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a

JOSE ARTURO HUARACHA VELAZQUEZ

México, D. F. 1984

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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 esta 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	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Líneas Existentes y Ampliaciones	2
1.3 La Estación Auditorio como elemento de la - Línea 7 del Metro	5
1.4 Generalidades del Proceso	5
CAPITULO II ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA ESTACION AUDITORIO Y ETAPAS CONSTRUCTIVAS	9
2.1 Datos Generales de la Estación Auditorio ..	9
2.1.1 Finalidad	9
2.1.2 Ubicación	9
2.2 Elementos que la Integran	9
2.2.1 Lumbrera	9
2.2.2 Túnel de Unión o Conexión	11
2.2.3 Túnel de Distribución	11
2.2.4 Túnel de Andén	11
2.2.5 Nichos para Subestaciones	11
2.2.6 Local Técnico	11
2.2.7 Accesos	11
2.3 Etapas de Construcción	12
2.4 Instalaciones y Maquinaria	21
2.4.1 Instalaciones Preliminares o de Campo .	21
2.4.2 Instalaciones para Materiales	22
2.4.3 Equipos de Perforación	22
2.4.4 Materiales e Instalaciones dentro del - Túnel	22
2.4.5 Equipo de Bombeo	23
2.4.6 Equipo Auxiliar	23

2.4.7 Equipo de Rezaga 24
2.4.8 Instalaciones Especiales 26
2.4.9 Personal 32

CAPITULO III LUMBRERA 35

3.1 Finalidad 35
3.2 Procedimientos de Construcción de Lumbrera ... 35

3.2.1 Lumbreras en suelo Blando 35
3.2.2 Lumbreras en Material Compacto 42

3.3 Procedimiento Constructivo de la Lumbrera de - la Estación Auditorio 45

3.3.1 Datos Generales 45
3.3.2 Abatimiento del Nivel Freático 45
3.3.3 Construcción de Lumbrera 48

CAPITULO IV TUNEL DE UNION 56

4.1 Datos Generales 56

4.1.1 Dimensiones Generales del Túnel 56

4.2 Ciclo de Trabajo 63

4.2.1 Excavación y Construcción del Túnel de --- Unión 63

CAPITULO V TUNEL DE ANDEN 89

5.1 Datos Generales 89
5.2 Ciclo de Trabajo correspondiente al Túnel "A". 89

5.2.1 Excavación de la Sección 93
5.2.2 Rezaga del Material producto de la excava- ción 93
5.2.3 Colocación del Concreto Lanzado 93

5.2.4 Colocación del Revestimiento Definitivo .. 94

5.3 Ciclo de trabajo para el Túnel de Andén "B" .. 104

CAPITULO VI TUNELES DE DISTRIBUCION 112

6.1 Datos Generales 112
6.2 Excavación de la Sección del Túnel 114
6.3 Rezaga del Material producto de la Excavación. 118
6.4 Colocación del Concreto Lanzado 118
6.5 Colocación de Marcos 119
6.6 Colocación del Recubrimiento Definitivo 122

CAPITULO VII SUBESTACION 124

7.1 Alternativas de Construcción 124

7.1.1 Primeras Alternativas 124
7.1.2 Segunda Alternativa 124

7.2 Proceso Constructivo 129

7.2.1 Excavación y Recubrimiento Definitivo 129

CAPITULO VIII ACCESOS 132

8.1 Exxeso Oriente 132

8.1.1 Excavación y Construcción del Acceso a partir del Terreno Natural hasta el Nivel Vestíbulo 132

8.1.2 Excavación a Nivel Descanso 136
8.1.3 Rampas de Escaleras para bajar al Acceso . 139
8.1.4 Rellenos y Losa de Techo 140

8.2 Acceso Poniente 143

8.2.1 Excavación y Construcción a partir del Terreno Natural hasta el Nivel Vestíbulo .. 145

8.2.2 Excavación y Construcción a partir del Terreno Natural hasta el Nivel Descanso 146

8.2.3 Excavación y Construcción de la zona 4, -- Rellenos y Losa de Techo 148

8.3 Túneles Inclinados 154
8.4 Sistema de Piso N +25.88 y Pasarela a Nivel -- Andén 156

8.4.1 Sistema de Piso Nivel N +25.88 156
8.4.2 Pasarela para cambio de Andén 156

CAPITULO IX MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD 162

9.1 Elaboración del Concreto Lanzado 162

9.1.1 Antecedentes 162
9.1.2 Materiales 164
9.1.3 Equipos, mezclado y aplicación del Concreto Lanzado 166
9.1.4 Resistencia Especificada del Concreto Lanzado 168
9.1.5 Mezclas de Prueba 169
9.1.6 Control de Calidad 169

9.2 Especificaciones para la colocación de las anclas de fricción 172

9.2.1 Descripción General de Las Anclas de Fricción 173
9.2.2 Especificaciones de Materiales y Procedimiento de Colocación 173

9.3 Concreto Normal o Hidráulico 178

9.3.1 Generalidades 178
9.3.2 Suministro 179
9.3.3 Pruebas de Calidad 179
9.3.4 Inyecciones de Contacto 179

9.4 Acero de Refuerzo 179
9.5 Instrumentación de los Túneles 180

9.5.1 Objeto de la Instrumentación 180
9.5.2 Ubicación de las secciones de Instrumentación 180
9.5.3 Instrumentos a colocar en las secciones de Instrumentación 180
9.5.4 Perioricidad de las Observaciones 191
9.5.5 Instalación, Observaciones e interpretación de las mediciones 192
9.5.6 Presentación de los Resultados 193

CAPITULO X CONCLUSIONES 194

BIBLIOGRAFIA 195

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N

El siguiente tema de tesis, constituye la solución de - uno de los procesos constructivos utilizados en la Construcción de nuevas Líneas de Transporte Colectivo " Metro ", --- "Solución Subterránea en Túnel ", Solución con que se llevará a cabo la construcción de la Estación Auditorio.

Con el objeto de llegar a tener un conocimiento general de la magnitud, alcance e importancia de la obra, se establece esta breve introducción.

1.1 ANTECEDENTES

Durante las últimas décadas, la Ciudad de México y su - área metropolitana, han crecido a un ritmo acelerado, desa-- fortunadamente, sin una planificación adecuada. Esta circunstancia ha creado un gran número de problemas en las vías de-comunicación y en los servicios de transporte.

El trazo de la Ciudad de México, de origen Prehispanico ha venido adaptándose lentamente al progreso de la ciencia y de la técnica. Los centros fabriles, las zonas comerciales,- las habitacionales y de recreación, se han dispersado por -- toda el área urbana de tal manera, que el traslado de una a-otra, implica una inversión considerable de tiempo y ener -- gía.

La insuficiencia del transporte colectivo actual, aunado, al uso del automóvil particular; el gran volumen de algunos vehículos y el alto consumo de combustible, han agravado los problemas de la Ciudad.

Por lo tanto, existe la necesidad imperiosa de encon--- trar una solución efectiva, tomando en cuenta no sólo las necesidades inmediatas, sino también aquellas que abarquen el-desarrollo debidamente planificado de nuestra Metrópoli en - el futuro.

Debido a las características de seguridad, rapidez y --

capacidad que posee el " Metro " se le ha considerado el elemento de mayor importancia para la solución que se persigue.-

Dicho medio de transporte, inaugurado en 1969, es hoy un medio congestionado, dada la gran demanda de servicio; en el primer semestre de 1979 alcanzó la cifra promedio de más de 2 millones seiscientos mil pasajeros al día.

Ante este hecho el Departamento del Distrito Federal se ha abocado a la tarea de resolver el problema del transporte masivo, para lo cual, el 7 de Septiembre de 1977, creó un organismo desconcentrado, especializado en dicha tarea, La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, COVITUR.

La Comisión, basándose en el criterio fundamental de trasladar a personas y no vehículos, ha emprendido la tarea de desarrollar el Plan Maestro de Vialidad y Transporte, y como parte integral del mismo, El Plan Maestro del Metro, con proyecciones hasta los primeros años del próximo siglo. Dicho plan se ha desarrollado tomando en cuenta los siguientes factores: flujo de pasajeros, tránsito de vehículos, densidad de población, área de servicio, usos del suelo, tipos de obra civil, obras inducidas, electromecánicas y afectaciones.

El actual Sistema de Trasporte " Metro ", se remonta a 1967, cuando la técnica mexicana como asesoramiento de la técnica francesa, llevó a cabo los primeros estudios para vencer los múltiples obstáculos que se presentaban, los que fueron superados, llegando a su fin la magna empresa, se construyeron las tres primeras líneas que actualmente conocemos, con una longitud de 42 Kilómetros.

1.2 LINEAS EXISTENTES Y AMPLIACIONES

Al analizar la red del " Metro " existente en 1977 y tomando en cuenta su completa saturación, se propuso aumentar sus líneas, basándose en estudios detallados de posibles ampliaciones, considerando una Segunda y Tercera Etapa de ampliaciones del " Metro ", tomando como base el Plan Maestro que cuenta con la planeación de una red de 21 líneas.

Los resultados de los estudios de planeación dieron como

resultado la alternativa de la Segunda Etapa de Ampliación -- del Sistema " Metro ", constituida por las líneas que a continuación se mencionan:

a) Línea 3.- Con ampliaciones hacia el Norte desde la Estación Tlatelolco hasta la actual Estación de Indios Verdes y - hacia el Sur a partir de la cola de maniobras de la Estación- " Hospital General " hasta la actual Estación " Zapata ".

b) Línea 4.- Descrita de Norte a Sur, iniciandose en la antigua carretera México-Pachuca hasta cruzar el Viaducto Miguel Alemán por la zona de Santa Anita.

c) Línea 5.- Cruza la Ciudad de México de Oriente a Nor-Poniente. Desde la zona de Pantitlan, hasta el Instituto del -- Petroleo, en la Segunda Etapa de proyecto.

d) Línea 6.- Descrita de Oriente a Poniente se inicia en la calle de Poniente 134 inmediata a la Av. de los 100 Metros, - continuando su recorrido hasta ingresar a los terrenos que se encuentran del conjunto habitacional " El Rosario " y en donde se ubican la Estación Terminal y los Talleres de Mantenimiento.

El proyecto de la Tercera Etapa considera las ampliaciones de las líneas 1, 2, 3 y 5 además, la Construcción de una nueva Línea 7, las cuales son descritas a continuación.

a) Línea 1 Nor-Oriente.- Ampliación de esta línea de la zona actual de maniobras en Zaragoza, hasta conectarse con la - Línea 5 en Pantitlan.

b) Línea 2 Poniente.- Ampliación de esta línea hacia el Poniente, partiendo del tramo actual de la zona de maniobras de la Estación " Tacuba ", hasta los terrenos de la Escuela Militar de Transmisiones; en donde tendrá su estación terminal.

c) Línea 3 Sur.- Se inicia en la zona de maniobra de la Estación " Zapata " y termina en la zona Sureste de los terrenos de la Ciudad Universitaria, lugar en donde se implantará su estación terminal provisional, depósito e intercambio de - medios de transporte.

d) Línea 5 Poniente.- Ampliación de la Línea 5 hacia el Po-

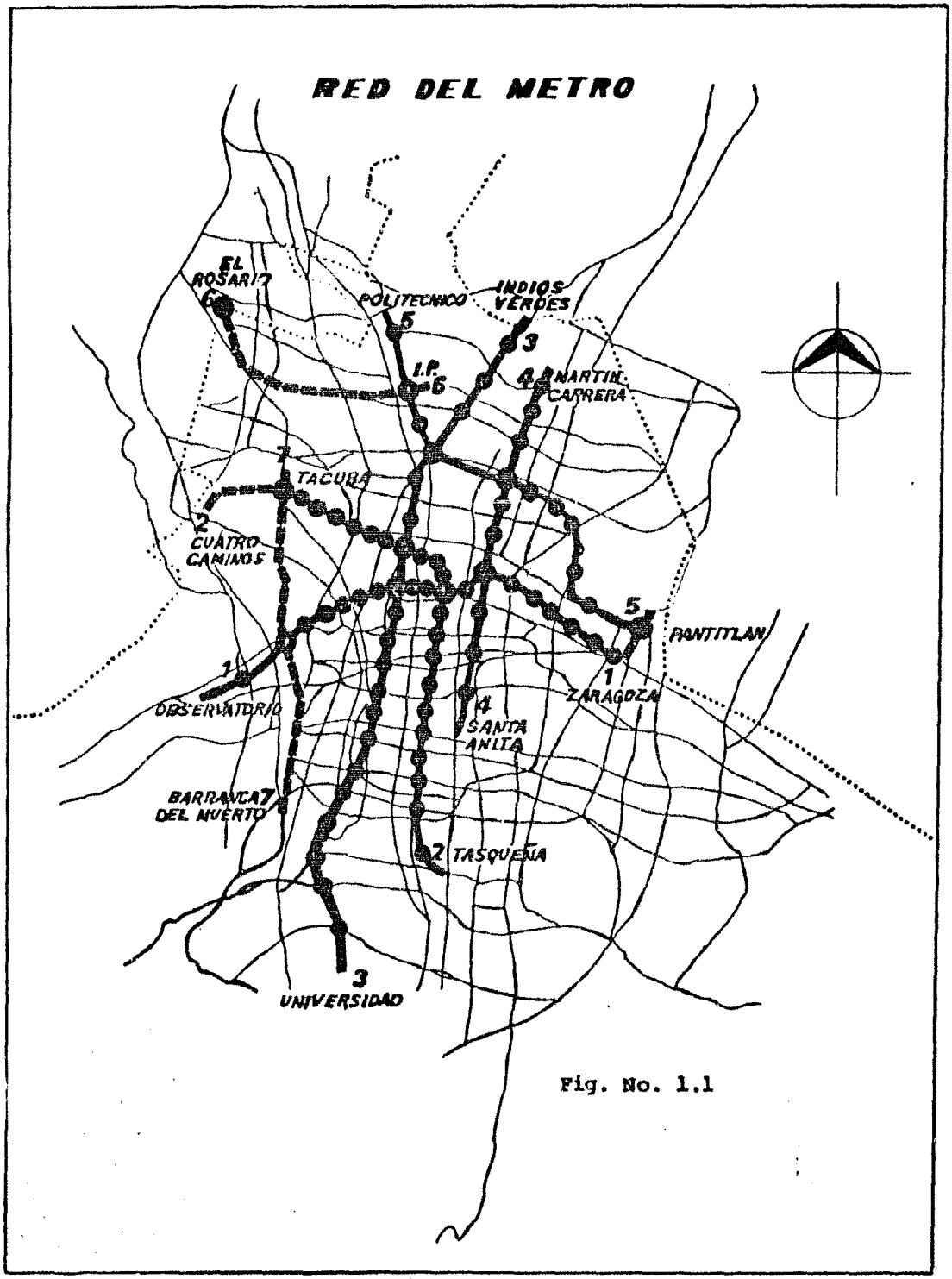

RED DEL METRO
EL ROSARIO
POLITECNICO
INDIOS VERDES
I.P.
MARTIN CARRERA
TACUBA
CUATRO CAMINOS
PANTITLAN
ZARAGOZA
OBSERVATORIO
SANTA ANITA
BARRANCA DEL MUERTO
TASQUEÑA
UNIVERSIDAD

Fig. No. 1.1

niente en una interestación por la Av. de los 100 Metros hasta la Av. de las Torres, zona en donde tendrá su estación terminal provisional y su zona de maniobras (Fig. No. 1.1.).

1.3 LA ESTACION AUDITORIO COMO ELEMENTO DE LA LINEA 7 DEL METRO

Por último siguiendo con el Plan Maestro del Metro en su Tercera Etapa se decidió construir una nueva línea; la línea 7 del Metro, cuyas características generales se describen a continuación.

La Línea 7 se inicia en la correspondencia con la Línea 2, en la Estación Tacuba localizada dentro de una zona de alta densidad demográfica y punto de confluencia de los camiones suburbanos, que comunican con las zonas industriales del Estado de México, a lo largo de su desarrollo cruza bajo vialidades de primer orden y estructuras de vías rápidas, así como edificios de 2 hasta 15 niveles, atraviesa por zonas residenciales y llega a la correspondencia con la Línea 1 en la Estación Tacubaya, que capta un alto volumen de usuarios, continúa hacia la zona Sur bajo una vialidad de 8 carriles hasta culminar en la Estación Barranca del Muerto al Sur - Poniente de la Ciudad, esto es, comunica al Norte con el Sur de la Ciudad, localizándose en la zona Poniente de la Ciudad de México, tendrá un desarrollo de 14 Km (Aprox.), contando con 10 estaciones y una profundidad media de 28 M.

De entre estas 10 estaciones elegí el procedimiento constructivo de la Estación " Auditorio " como tema de esta tesis, por considerarlo muy completo e interesante.

En ella haré mención del proceso de construcción de los túneles que conformarán dicha Estación, así como también del equipo y personal necesario para tal fín.

1.4 GENERALIDADES DEL PROCESO

A manera general diré que se tomó como base la experiencia Austriaca de tuneleo consistente en la estabilización de la excavación, utilizando el concreto lanzado que parece tener la flexivilidad suficiente para fluir elastoplásticamente junto con el terreno del túnel excavado.

El sistema se adoptó a las características estructuralesdel subsuelo, así como el modo del ataque de los frentes, sección del túnel techo, etc. y se planeó prescindir, dadas las - características del subsuelo, de las anclas minimizando el desarrollo de la zona plástica, mediante la aplicación inmediata de concreto lanzado, el cual le da al subsuelo excavado lo que se ha denominado resistencia de piel a efecto de minimizar elfenómeno de relajación e intemperismo que provocaría pérdida - de resistencia del terreno y sólo utilizando las anclas o marcos de acero en zonas críticas; Para mayor detalle al respecto, en los capítulos siguientes se describe el procedimiento constructivo de la Estación " Auditorio " tomando como base el --- N.A.T.M (Nuevo Método Austriaco de Tuneleo Modificado), mencionado en forma general en párrafos anteriores.

C A P I T U L O II

ELENENTOS QUE INTEGRAN LA ESTACION AUDITORIO Y ETAPAS CONSTRUCTIVAS

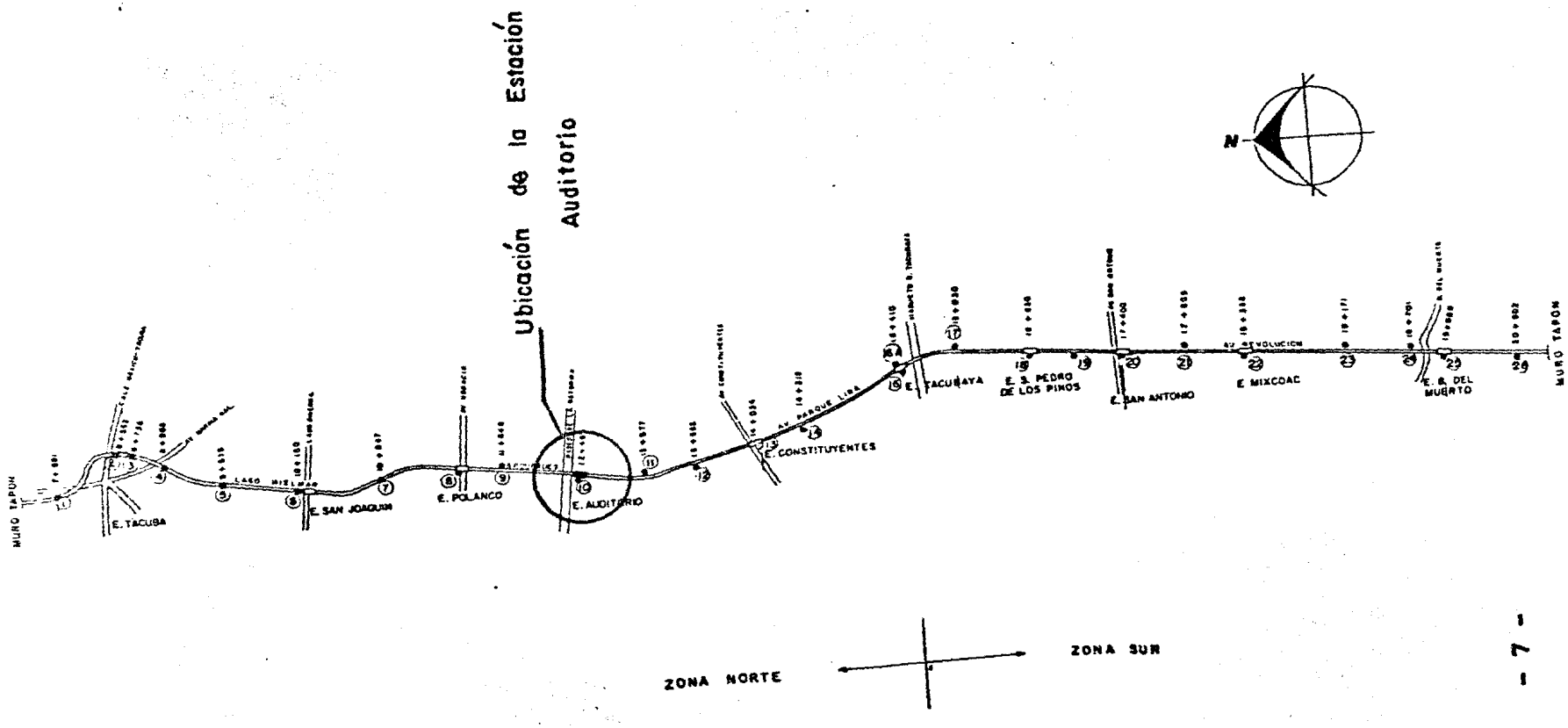

Ubicación de la Estación Auditorio
N
MURO TAPON
E. TACUBA
E. SAN JOAQUIN
E. POLANCO
E. AUDITORIO
E. CONSTITUYENTES
E. TACUBAYA
E. S. PEDRO DE LOS PINOS
E. SAN ANTONIO
E. MIXCOAC
E. B. DEL MUERTO
MURO TAPON
ZONA NORTE
ZONA SUR

Fig. No. 1.2

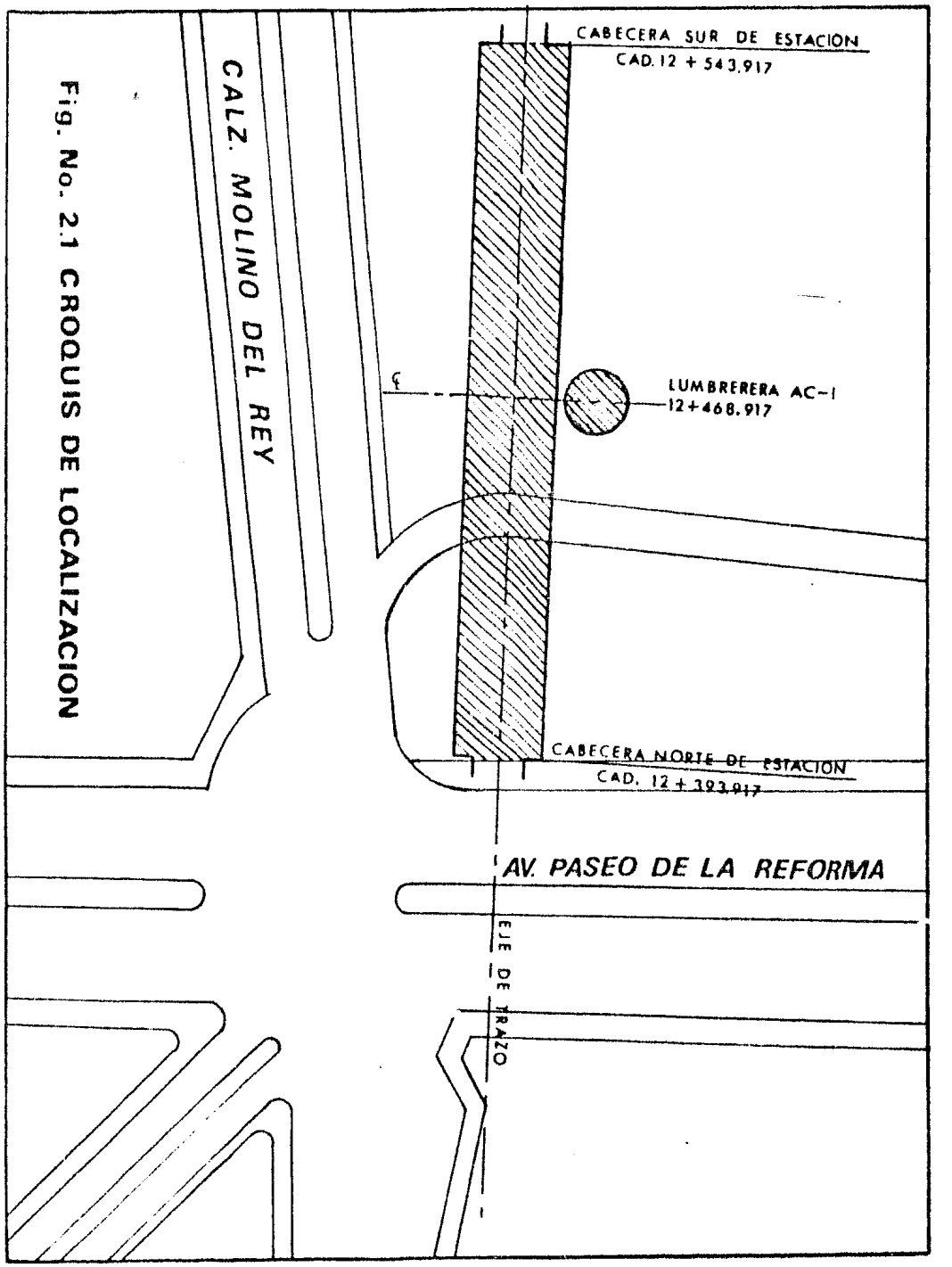


Fig. No. 2.1 CROQUIS DE LOCALIZACION

ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA ESTACION AUDITORIO Y ETAPAS CONSTRUCTIVAS

2.1 DATOS GENERALES DE LA ESTACION AUDITORIO

2.1.1 Finalidad

La finalidad básica de la Estación " Auditorio " al igual que el de todas las demás, será la de dar servicio a los usuarios que tengan que trasladarse hacia la zona de influencia en donde quedará ubicada; y por consiguiente permitir la circulación de los pasajeros que abordarán y descenderán de los trenes.

2.1.2 Ubicación

Quedará ubicada en el costado Oriente del Auditorio Nacional entre la Av. Reforma y la Calzada Molino del Rey. Contará con dos accesos para comunicarla con el exterior y permitir la entrada y salida de los usuarios; uno quedará ubicado en la acera poniente de la Calzada Molino del Rey, y el otro en el Oriente, al otro lado de la Calzada antes mencionada (ver croquis de localización), Fig. 2.1.

2.2 ELEMENTOS QUE LA INTEGRAN

Debido a que la Estación será construída totalmente en Solución Subterranea en Túnel, estará constituída por una serie de túneles que conformarán la estructura de la misma y darán un mayor servicio a los usuarios; estos túneles fueron denominados de la siguiente manera:

2.2.1 Lumbrera

Es un elemento transitorio aunque no es precisamente un túnel y no formará parte permanente en el funcionamiento de la Estación, sí con-tribuye de una manera muy importante durante el proceso constructivo de los Túneles, ya que tiene la finalidad de poder introducir el equipo necesario para la excavación y construcción de éstos, así como para poder extraer la rezaga producto de la excavación.

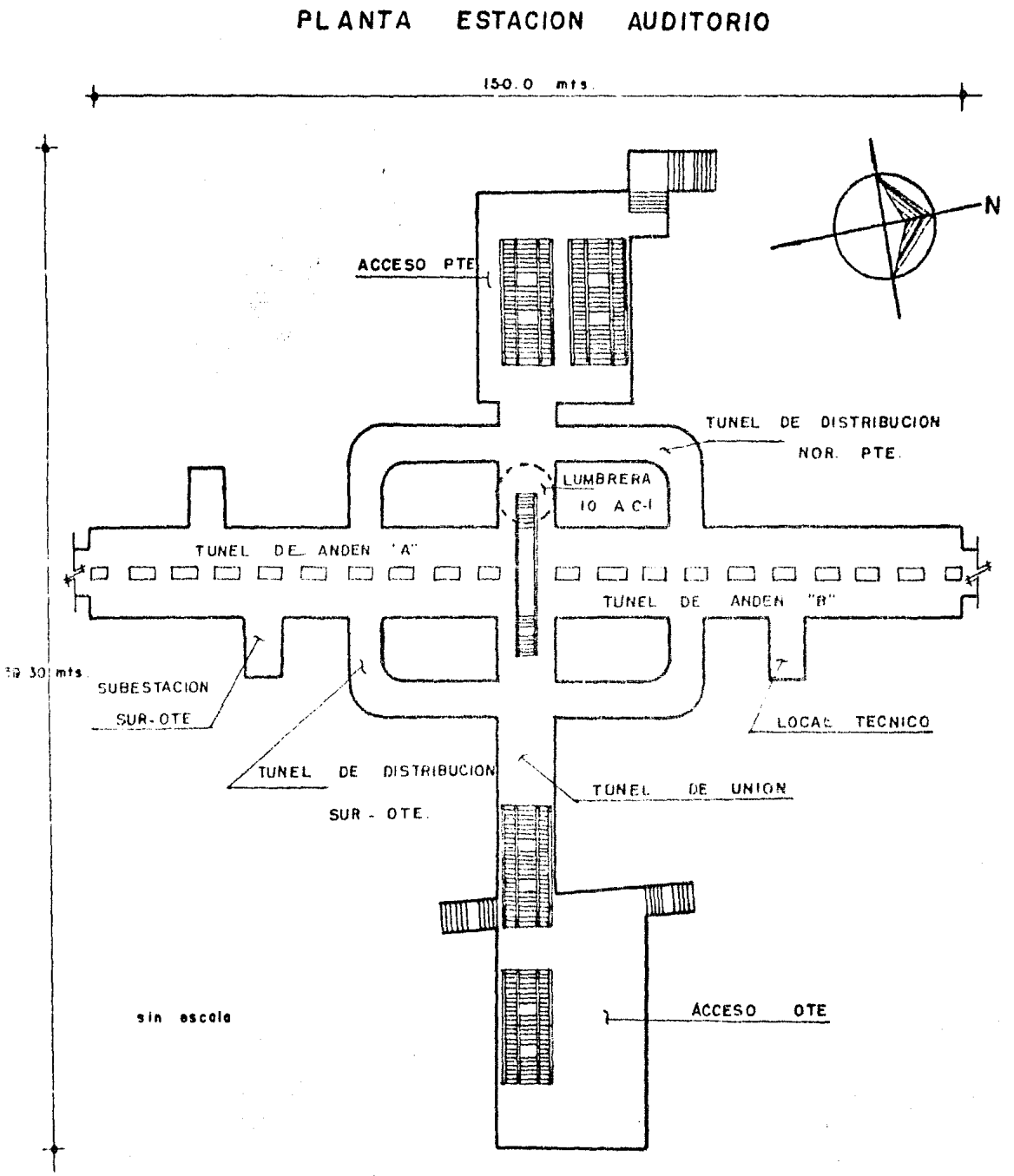


Fig. 2.2 Elementos de la Estación Auditorio.

2.2.2 Túnel de Unión o de Conexión

Debido a que, en la mayoría de los casos, el eje de trazo del túnel del Metro coincide con la vialidad superior, es necesario desplazar las lumbreras, lo que dió a la necesidad de construir túneles de conexión perpendicular a la línea del " Metro ", es decir, tiene como objetivo la de comunicar a la Lumbrera y a los Accesos con los demás túneles.

2.2.3 Túnel de Distribución

Estos túneles tienen la finalidad de distribuir el flujo de los usuarios en el andén, contará con dos en el lado Poniente y dos en el Oriente.

2.2.4 Túnel de Andén

Este es el túnel principal, ya que por aquí es por donde correrá el convoy y es aplicable únicamente en las estaciones; presenta 3 alternativas, la primera; un túnel de dos vías con columna al centro; la segunda, un túnel que aloja a las dos secciones anteriores pero sin columna al centro; y la tercera comprende dos túneles independientes de tramo. En la estación Auditorio tendremos la primera alternativa, que más adelante trataré de describir.

2.2.5 Nichos para Subestaciones

Son pequeños túneles en los cuales quedarán alojadas las subestaciones eléctricas, las que serán dos: ubicadas al Sur de la Estación, una por cada andén.

2.2.6 Local Técnico

Es también otro pequeño túnel en el que se alojarán aparatos eléctronicos que servirán para el control del Convoy, quedará en el andén Nor-Ote.

2.2.7 Accesos

Tiene uso definitivo en estaciones, su función es la de comunicar a los andenes con el exterior. Como se mencionó en un principio se construirán dos, uno al Oriente y otro al Po-

niente del Eje de Trazo de la Línea.

La figura No. 2.2. muestra más claramente la distribución de los elementos antes mencionados.

2.3 ETAPAS DE CONSTRUCION

En vista de que en la estación se tienen túneles de sección diferentes y zonas de intersecciones entre éstos, la excavación y construcción se realizará de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación y en la Fig. No. 2.3.

Etapa A Esta etapa corresponde a la excavación y construcción de la Lumbrera, que se hará de acuerdo al procedimiento constructivo correspondiente.
Construida la Lumbrera se deberá colar una trabe de borde* y colocar un emportalamiento en los sitios de salida de los túneles y posteriormente se podrá realizar la excavación y construcción del contratúnel y túnel de conexión.

Etapa B Esta etapa se localiza en la zona de intersección entre el contra-túnel (Túnel de Unión Pte.) y los Túneles de Distribución Pte., en la cual durante la ejecución del túnel se deberán construir las trabes de borde y el emportalamiento correspondiente, con el fin de dar salida a los Túneles de Distribución.

Etapa C Esta etapa se localiza en la intersección del Túnel de Unión y la mitad Pte. del Túnel de Andén.
Durante la ejecución de esta etapa además de la excavación y construcción del Túnel de Unión se deberá realizar la construcción de la trabe de borde y la colocación del emportalamiento correspondiente a la mitad del Túnel de Andén Pte.
Simultáneamente a la ejecución de la Etapa C, se podrá excavar y construir la Etapa C', concerniente a los Túneles de Distribución Pte., hasta 5.0 m., antes del paño exterior del Túnel de Andén Pte.
Como otra alternativa, los Túneles de Distribución correspondiente a la Etapa C', se podrán excavar en toda su longitud; pero será condición necesaria para-

*Nota: La definición y función de la Trabe de Borde se explica al final del capítulo (pag. 34).

que pase el Túnel de Andén Pte. (Túnel de Andén A), que los Túneles de Distribución estén previamente revestidos definitivamente.

Etapa D Concluida la Etapa C, con su respectiva trabe de borde y emportalamiento, se iniciará la excavación y construcción del Túnel de Andén Pte., en toda su longitud de la Estación.
Durante la excavación y construcción del Túnel de Andén, se deberá colocar el emportalamiento y construir la trabe de borde en los sitios de llegada de los túneles de la Estación, así como también se deberá colocar tensores en toda la longitud del Túnel de Andén Pte., según se indicará posteriormente.

Etapa E Esta se ubica en la zona de intersección del Túnel de Unión con la mitad Oriente del Túnel de Andén y se hará de la misma forma que se indicó en la Etapa C.
Simultáneamente a la ejecución de la Etapa E., podrá atacarse la Etapa E', que corresponde al restante de los Túneles de Distribución Pte., y a la excavación y construcción de la Subestación Sur-Pte.

Etapa F Terminada la Etapa E con su respectiva trabe de borde y emportalamiento, se proseguirá a la excavación y construcción del Túnel de Andén Oriente en forma análoga a lo indicado en la Etapa D, con exepción de que en éste no se deberán colocar tensores.

Etapa G Esta etapa corresponde a la excavación, colocación del revestimiento primario y del revestimiento definitivo del Túnel de conexión localizado entre los ejes N y Q, para lo cual deberá consultarse el procedimiento constructivo que será posteriormente, Ver Figs Nos. 2.3 y 2.7.
Simultáneamente a la ejecución de la Etapa G se podrá iniciar la excavación de la Etapa G', que corresponde al Túnel del local técnico y subestación cuyo proceso constructivo será mencionado en otro capítulo.

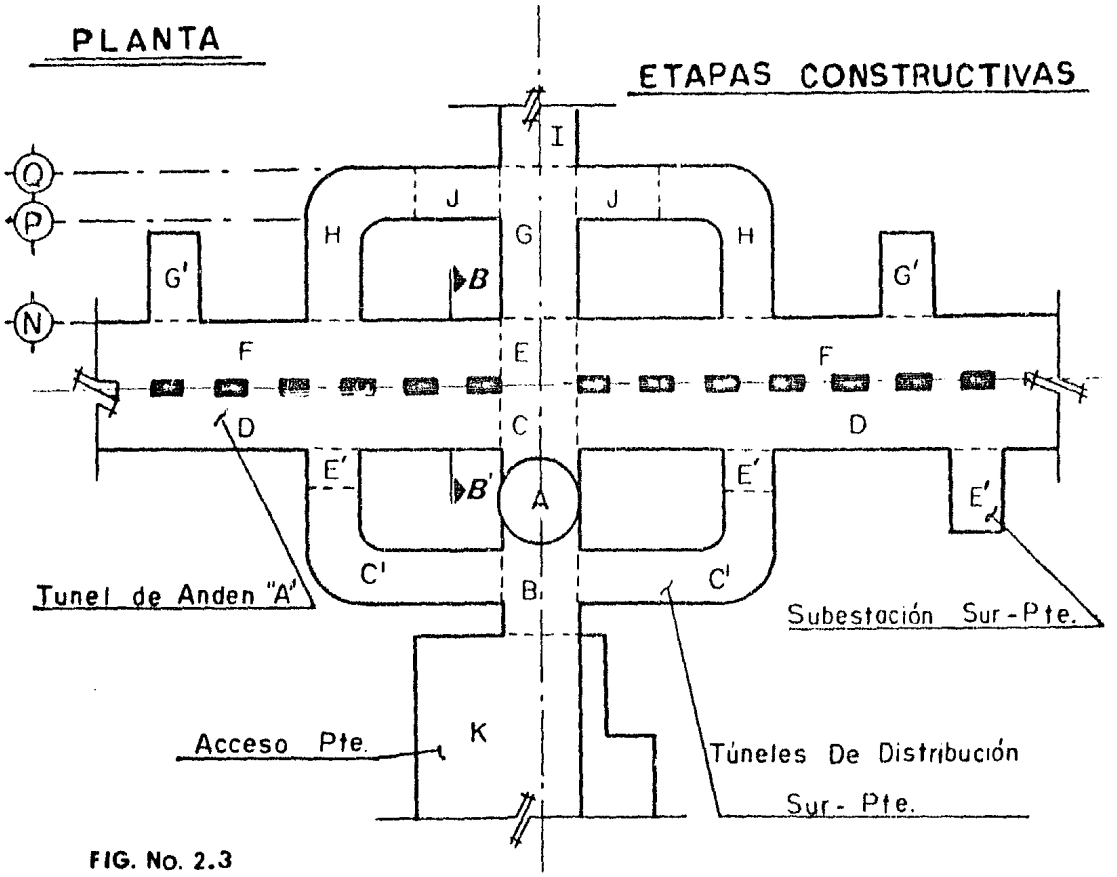
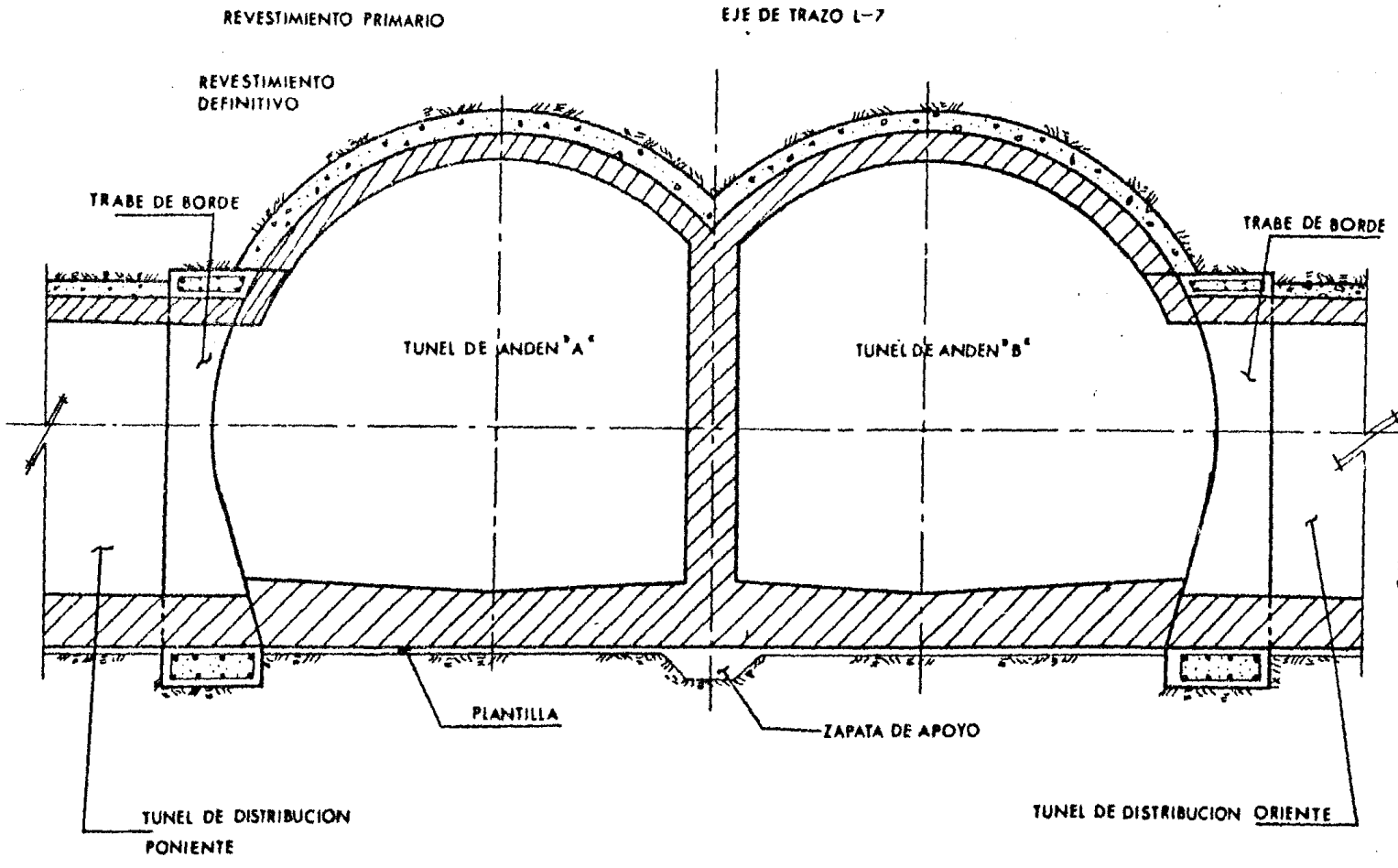


FIG. No. 2.3

Etapa H Una vez revestido en forma definitiva el Túnel del local técnico y el Túnel de subestación Sur-Oriente, se podrá iniciar la excavación y construcción de los Túneles de Distribución, efectuando el ataque por el Túnel de Andén " B ".

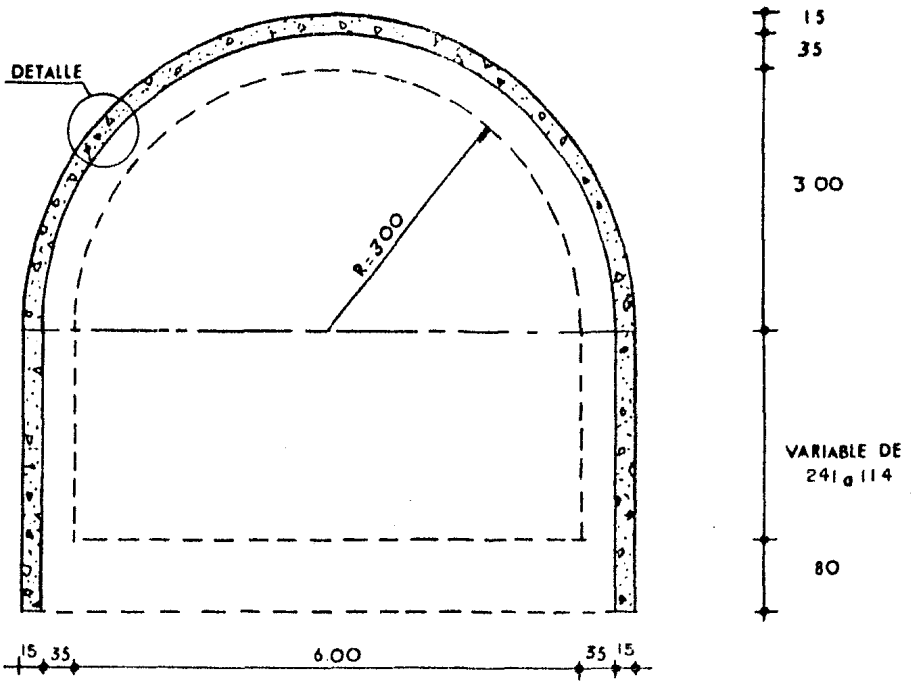
Al inicio y en las zonas de unión de los Túneles de Distribución con el Túnel de Andén y el Túnel de Conexión, se deberán construir las trabes de borde; la inicial se indica en la Fig. No. 2.4. Las dimensiones y detalles de la trabe de borde se muestran en la Fig. 123-A.

En caso de que el Túnel de Conexión (Etapa G) no esté revestido definitivamente en toda su longitud, será condición necesaria suspender la excavación de los Túneles de Distribución 5.0 m antes de su unión con el Túnel de Conexión.



CORTE B-B

Fig. 2.4



CORTE CC

DIMENSIONES DEL REVESTIMIENTO PRIMARIO EN LOS 5.00 ADYACENTES AL TUNEL DE CONEXION EN EL -- TUNEL DE DISTRIBUCION

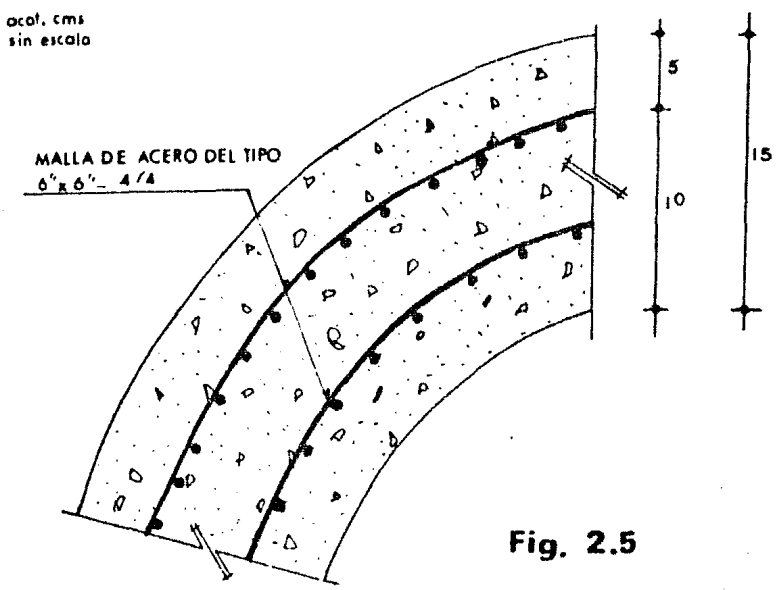


Fig. 2.5

DETALLE

Para poder continuar la excavación de los 5.0 m faltantes de los Túneles de Distribución, el Túnel de Conexión deberá tener el revestimiento definitivo y además el revestimiento primario en el tramo faltante será de 25 cm de espesor con dos mallas electrosoldadas tipo 6 X 6 -4/4. Este revestimiento se colocará de acuerdo a lo mostrado en la Fig. No. 2.5.

Etapa I Esta etapa corresponde a la excavación, colocación del revestimiento primario y definitivo en el Túnel de Conexión de sección (H) comprendido entre el eje Q y el inicio del Túnel inclinado para las escaleras del acceso, Ver. Fig. No. 2.6

Para iniciar el ataque de la Etapa I, será condición necesaria que el Túnel de Conexión (K) comprendido entre los ejes N y Q (Etapa G) este revestido en forma definitiva y además se deberá construir la trabe de liga correspondiente al cambio brusco de sección de este Túnel, Ver Fig. No. 2.6.

Realizado lo anterior, se estará en condiciones de iniciar la excavación del Túnel de Conexión (H) de la Etapa I, de acuerdo con el procedimiento constructivo correspondiente.

En el caso de que se desee atacar los Túneles inclinados para las escaleras de los accesos, de abajo hacia arriba, será condición necesaria que los Túneles de Conexión (H) de las Etapas G e I estén revestidos definitivamente.

Etapa J Esta corresponde a los tramos faltantes de los Túneles de Distribución Ote.

Etapa K Por último tendremos la excavación y construcción de los Accesos, que podrán hacerse por separado ó simultaneamente.

NOTAS;

1.- Las Etapas indicadas con la misma letra podrán atacarse en forma simultánea, aunque este requisito no es indis--

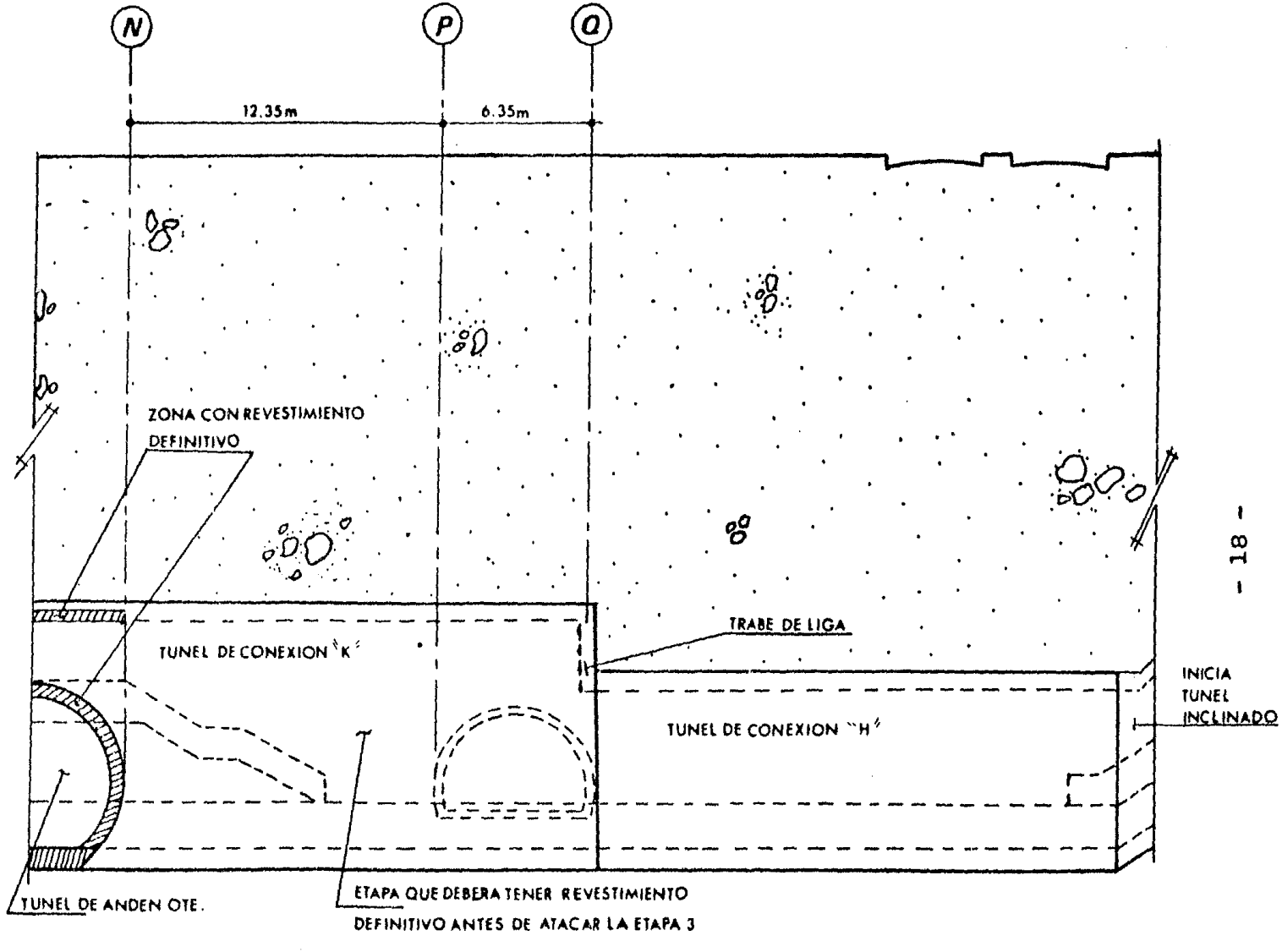


Fig. 2.6 Corte A-A

pensable.

2.- Deberá respetarse el orden de las Etapas indicadas anteriormente.

3.- Como alternativa, la excavación de los Túneles de Distribución podra iniciarse por el Túnel de Conexión (K), siempre y cuando dicho Túnel este completamente revestido definitivamente.

4.- El procedimiento constructivo de las Etapas antes mencionadas se tratará de explicar en los capítulos posteriores, la siguiente figura muestra de la Etapa (H), a la Etapa (K), (Fig. No. 2.7) .

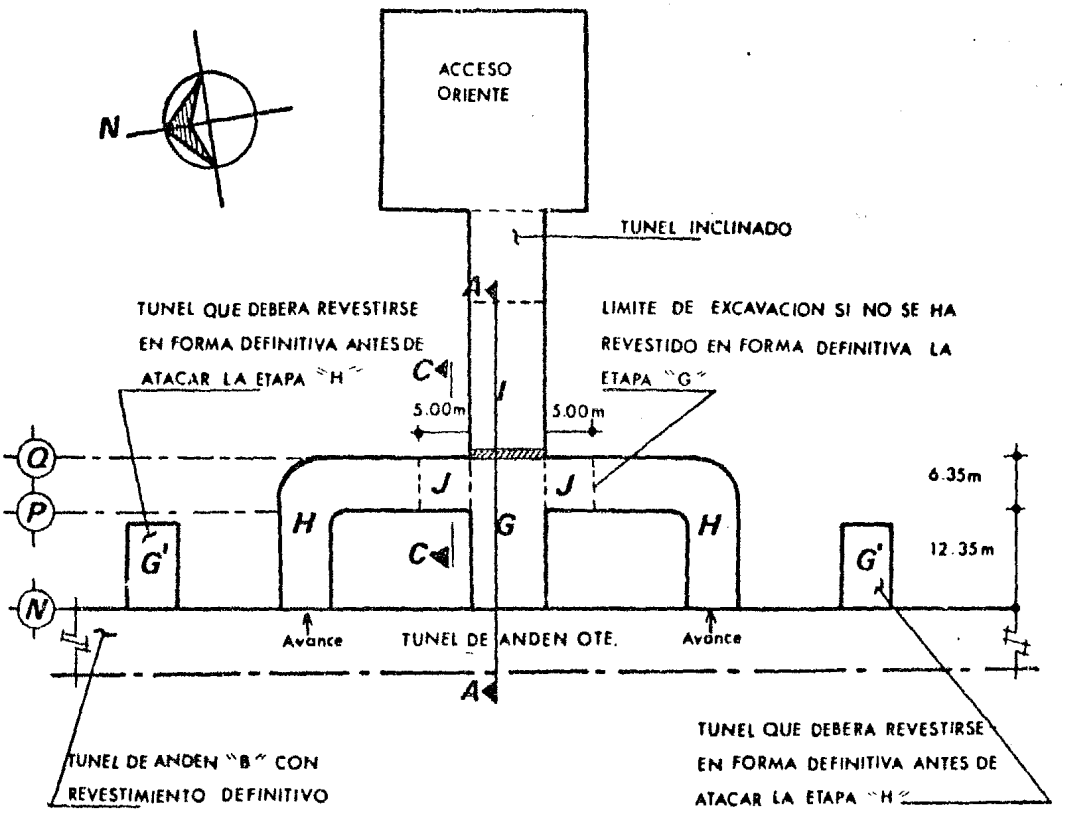
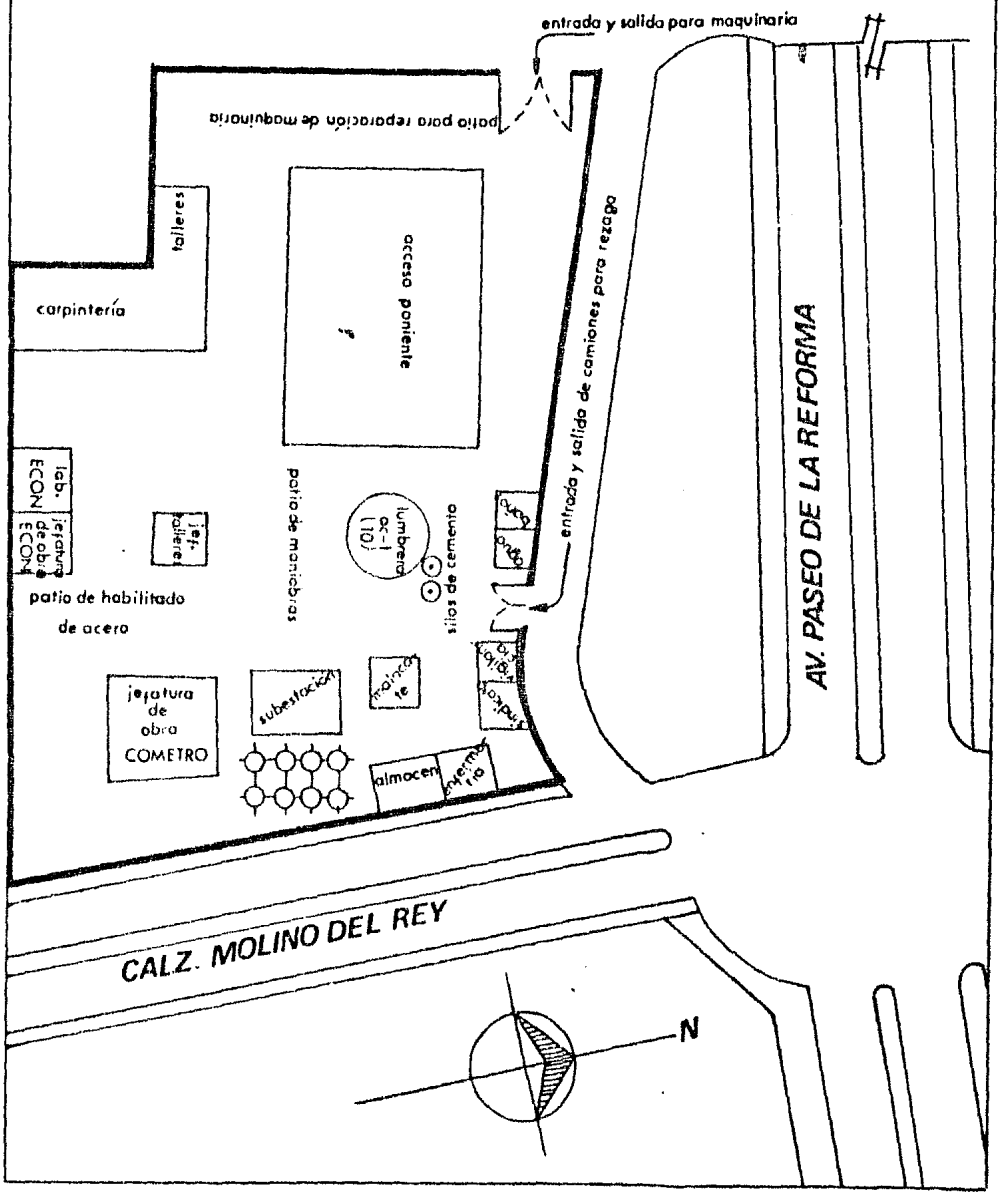


Fig. No. 2.7 SECUENCIA DE ETAPAS

Fig. No.2.8 CROQUIS DE LOCALIZACION DE INSTALACIONES



2.4 INSTALACIONES Y MAQUINARIA

Para llevar de una manera óptima la secuencia de excavación y construcción de las Etapas anteriores, será necesario contar con la Maquinaria y las Instalaciones adecuadas, correspondientes para tal fin. Estos elementos serán de gran importancia en el " Proceso Constructivo de la Estación Auditorio " y se consideran las siguientes:

2.4.1 Instalaciones Preliminares o de Campo

Una vez localizado el lugar donde se construirá la Estación, será necesario levantar un campamento donde se colocarán las instalaciones preliminares, necesarias para la construcción de la Estación.

Estas en su mayoría son del tipo provisional, ya que al término de la obra éstas deberán ser desmanteladas y tiene como objetivo alojar determinado tipo de equipo, o bien para ser utilizadas por el personal que laborará dentro de la obra, algunas de éstas son las siguientes:

Almacenes, bodegas, oficinas, caseta de arrancadores para maquinaria eléctrica, caseta de vigilancia, subestación eléctrica, talleres, carpintería, enfermería, patio de maniobras, etc.

La superficie del terreno dentro del cual se levantarán las instalaciones necesarias será de 9475 m2 aproximadamente, en la Fig. No. 2.8 se puede apreciar el croquis de localización del campamento, así como de algunas instalaciones dentro de éste.

2.4.2 Instalaciones Para Materiales

Dentro de éstas se encuentran las siguientes:

Una tolva para los agregados del Concreto Lanzado y dos silos para almacenamiento de Cemento Portland, ambos pueden considerarse también como instalaciones de campo. Estas se ubican junto al brocal de la Lumbrera, ya que sobre éste se apoyan dos patas de la estructura de los Silos, y además de que estando cerca de la Lumbrera se podrán colocar ductos sobre el tiro de ésta, para surtir de una manera eficiente los materiales anteriores al interior del túnel cuando éstos sean requeridos.

2.4.3 Equipo de Perforación

Dentro de este equipo se tienen los siguientes elementos:

a) Pistolas Neumáticas marca Atlas-Copco tipo BBL-24 WTH, dotados con empujador neumático. Estas pistolas tienen un consumo de 160 PCM de aire, las barras que se utilizan son de acero -- con pastilla de carburo de tugsteno con diámetro 7/8", el largo de las barras es de 41/4".

Para cada una de las perforadoras se tiene una dotación - de 30 m., de manguera de 3/4" de diámetro para aire y agua.

b) Martillos Demoledores marca Chicago Pneumátic tipo CP-124-- con entrada para cuña de 1 1/4" de diámetro.

c) Perforadoras
- Caldweld
- Long-Year
- Manuales RH-658-42
- Neumática

d) Rompedoras de Concreto Hidráulicas

e) Compresores. Para el suministro del aire a presión se instalarán compresores marca Chicago Pneumátic, con capacidad de -- 600 PCM de aire y 0.98% de eficiencia. Estos compresores se -- instalarán en serie.

2.4.4 Materiales e Instalaciones dentro del Túnel

Dentro de éstas tenemos:

a) Tuberias, derivaciones y soportes.
Tuberias para aire de 2.5 de ø y de 1.5 de ø para agua.

b) Alumbrado en el Túnel
Lámparas arbotantes (cuello de ganso) de 200 Watts.
Portalámparas de cuarzo de 500 Watts.

c) Material Eléctrico.
Cables para energía eléctrica de 4/0.
Bastidor para 7 carretes, colocados una cada 5 metros.
Aislador para bastidos.

Alambre TW 10 amarres.
Cable 2/0 (neutro).

2.4.5 Equipo de Bombeo

a) Alimentación de agua el interior de la obra.
Para el suministro de agua al interior del túnel, utilizada -- en el enfriamiento de las perforadoras, así como también para las actividades relacionadas con la colocación del concreto -- lanzado, se requiere de bombas eléctricas, de preferencia marca Byron Jackson de 6" de ø con motor IEM de 40 HP o cualquier otra que cumpla de manera eficiente.

b) Extracción de agua debida a los escurrimientos (filtraciones) debidos a las precipitaciones pluviales. Y para ello se debe contar con bambas neumáticas, del tipo sumergible, potá-- til para cárcamos de bombeo, etc.

2.4.6 Equipo Auxiliar

Dentro del equipo utilizado en la construcción de los túneles existen de los mismos, pero que no dejan de ser importantes. Podemos considerar como equipo auxiliar el siguiente:

a) Maquinaria Pesada
Cucharón Almeja de 1 YD3.
Grua Hidráulica HIAB modelo 650.
Auto-Grua.

b) Instalaciones Eléctricas en Superficie y Lumbrera.
Cables (para bombas hidráulicas).
Cables (varios).
Lámparas tipo industrial de 2 X 74 Watts.
Lámparas de cuarzo.

c) Transformadores.

d) Líneas Telefónicas.

e) Bombas de gasolina de 2" a 6" de ø.

f) Malacates.

g) Varios:

Cortadoras de varilla.
Dobladora de varillas.
Soldadora de 300 amperes.
Equipo de corte de oxígeno-acetileno.
Radio.

h) Ventilación.

Para los efectos de purificación del aire en el interior del túnel se deberá contar con ventiladores, con la particularidad de que puedan invertir el flujo, es decir, estén capacitados para trabajar tanto como ventiladores como extractores de aire. Existen algunas marcas que los fabrican; el ventilador Marelli de 2 motores de 30 HP c/u y con un Ø de 90 cm.

También los hay marca JOY de 28,000 Pcm, eléctricos.
Los ventiladores anteriores se encuentran dotados de tuberías de 36" de Ø, en tramo de 6 Mts.

2.4.7 Equipo de Rezaga

Para rezagar el material producto de la excavación de los túneles se contará con el siguiente equipo;

a) Camiones Plataforma para colocar botes " Maromeros " de 3 M3 de capacidad.

b) Cargadores (los que sean necesarios) frontales con descarga lateral. Servirán para colocar la rezaga en los botes mencionados.

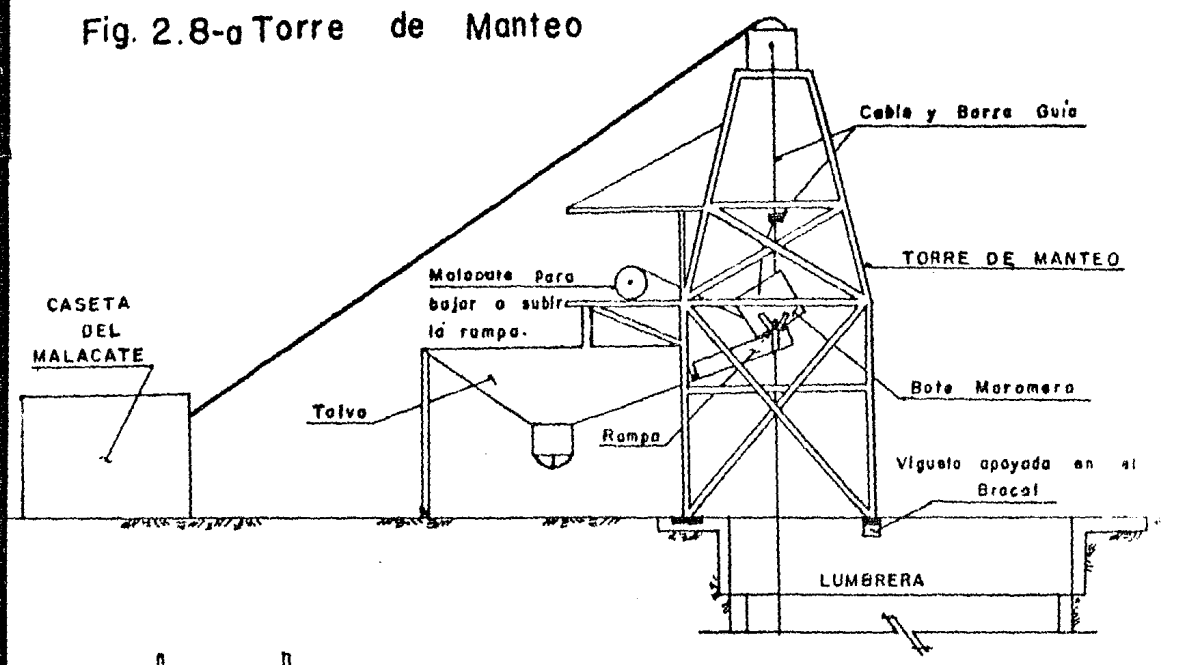
c) Torre de Manteo.

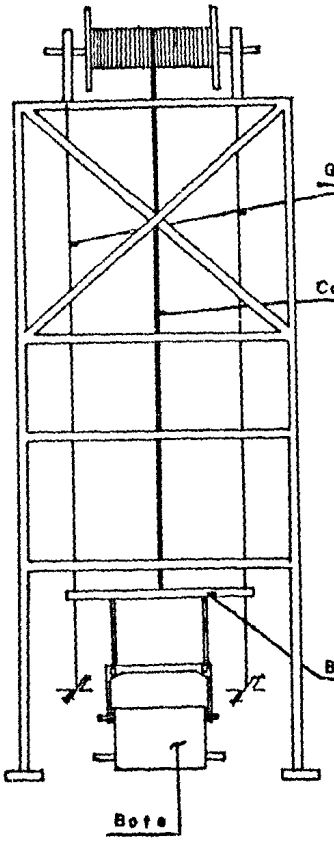
Dentro del equipo necesario para la excavación y construcción de los túneles se encuentra La Torre de Rezaga o de Manteo, equipo de gran importancia, ya que en ella se realizan toda clase de trabajos. (fig. 2.8-a).

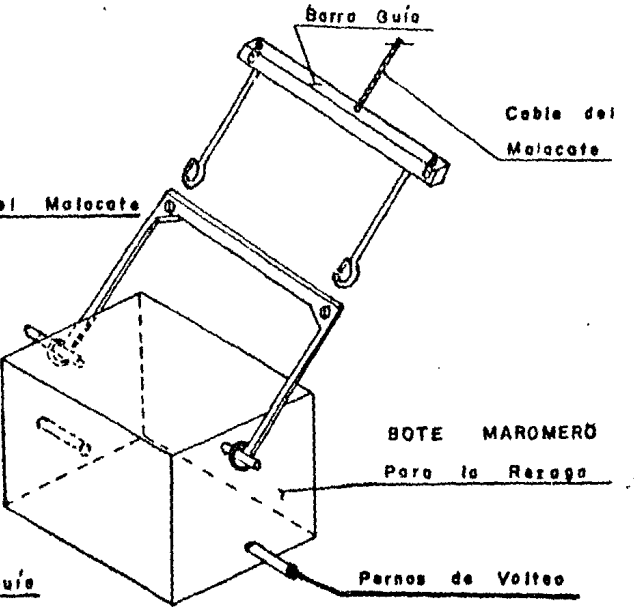
Esta torre se apoya sobre el brocal de la Lumbrera y consiste básicamente en lo siguiente:

Bote Maromero.
Rampa de Descarga.
Tolva de Almacenamiento.

Fig. 2.8-a Torre de Manteo







Malacate Eléctrico, con capacidad de trabajo de 30 Ton.
Procedimiento de Rezagado.

Ahora bién, por lo que respecta al procedimiento de rezagado diré que éste se efectúa sacando el material en un bote maromero el cual pende del cable del malacate, con el cual se iza hasta llegar a la rampa de descarga, sobre la cual resbala hasta llegar a unos topes colocados de manera tal que el bote pueda iniciar el volteo, hasta llegar a unas medias abrazadoras que sujetan el bote a la hora de voltear completamente y así vaciar su contenido en la tolva de almacenamiento, para que posteriormente lleguen los camiones y se coloquen por debajo de ésta, y sean llenados para conducir el material producto de la excavación, hacia el tiradero correspondiente (ver Fig. No. 2.8).

2.4.8 Instalaciones Especiales.

Durante la construcción del túnel se requerirá de unas instalaciones llamadas " Especiales " para la ejecución de trabajos, y éstos son:

a) Monta Cargas Mixto, para personal y material (Elevador Alimak Scando.

El Elevador Alimak Scando es un transporte vertical que se desplaza a través del tiro de la Lumbrera. Su función es bajar y subir el personal que labora en la obra, como también los diferentes materiales que se utilicen o desechen a través de la excavación de los túneles.

Es de una gran utilidad para el funcionamiento del avance del túnel pués se desplaza a una velocidad de 0.65 M/sg. con capacidad de carga por cabina de 1500 Kg. y el número de personas que pueden trasladarse en ella es de 18 personas por cabina, y además está adaptado con contrapeso y dos motores ASEA de 10 CV c/u y de 1440 RPM.

Este elevador ó montacargas tiene dimenciones de cabina de 1.3 X 3.0 m., y altura de 2.7 m., y su funcionamiento es a través de cremalleras en ves de cables, por los cuales escala la cabina, la maquinaria de accionamiento está situada en la cabina, así como también la unidad de accionamiento. La maquinaria de la unidad de accionamiento es propulsada por dos moto

res transfieren la energía a los piñones, los cuales engranan en la cremallera a través de un ambrague y de un tornillo sin fin, el elevador se detiene por medio de frenos magnéticos, - el dispositivo de seguridad está situado debajo de la maquinaria y está conectado a ésta.

b) Planta de Fuerza

Estas instalaciones nos proporcionan la energía eléctrica utilizada en el funcionamiento de las distintas máquinas y equipo, así como la iluminación interior del túnel:

2.4.9 Equipo de Lanzado y Colado

a) Equipo de Lanzado

Este equipo se utilizará en la mezcla y colocación del - concreto lanzado y consiste en lo siguiente:

a.1 Carro Tolva para Agregados.- Consta de dos tolvas, en una de las cuales recibe desde la superficie los agregados, y en- la otra el Cemento, (Fig. 2.9).

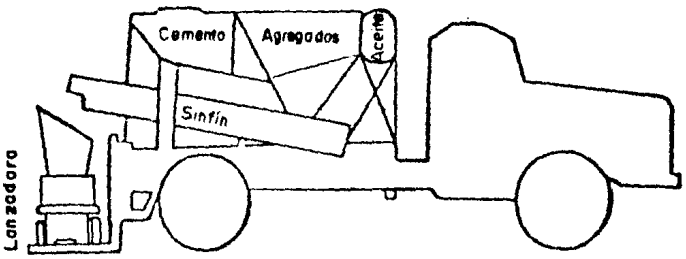
En este mismo se realiza la mezcla de los materiales anteriores, para posteriormente irlos dosificando y depositando en la máquina lanzadora.

a.2 Lanzadora de Concreto Aliva.- Esta recibe la mezcla y los lanza posteriormente con una presión de 3 Kg/cm2 a través de- una manguera de 2.5" de ø, la cual se une en la punta a otra- de 1.5" de ø, que es la que conduce el agua a una presión de- 4 Kg/cm2, por último los agregados, cemento y agua ya mezcla- dos salen por una boquilla con una presión regulada de 3 a 4- Kg/cm2, dirigidos hacia el lugar en donde se colocará el concreto lanzado, (Fig. 2.11).

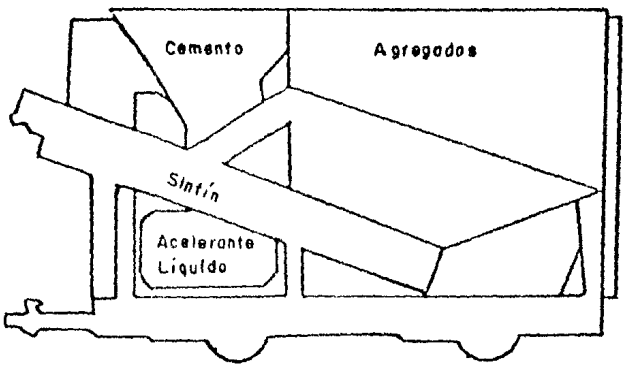
b) Concreto Hidráulico.

Para la colocación del concreto hidráulico se utilizará- el siguiente equipo:

b.1 Bomba para Concreto Hidráulico.- Esta bomba servirá para- llevar el concreto desde la recepción hasta el sitio donde -- sea requerido.



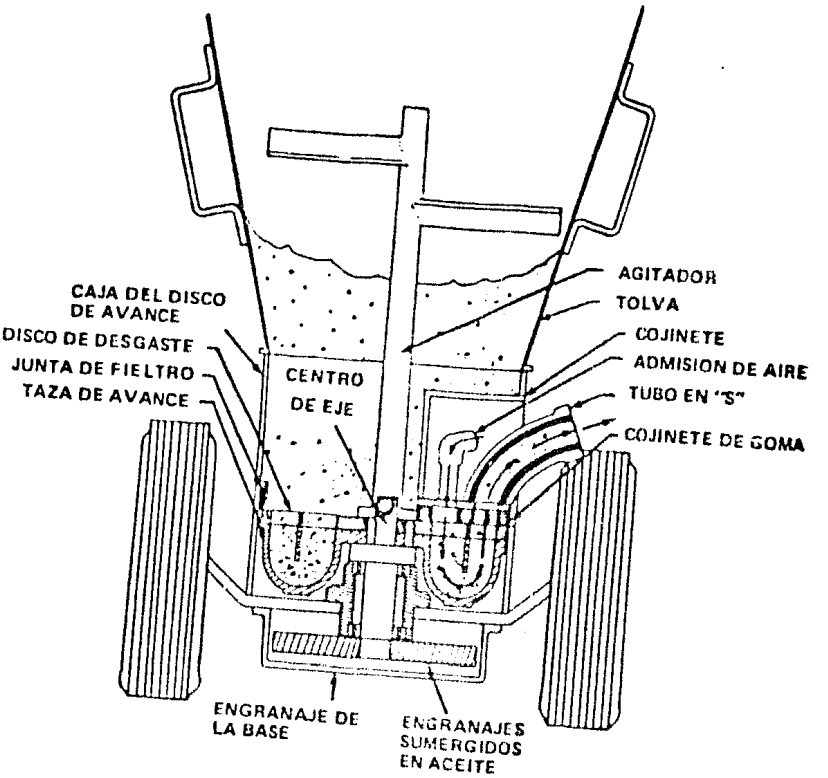
CARRO TOLVA



TOLVAS SOBRE RIELES

Fig. 2.9 Tolvas para agregados y cemento.

VISTA DE FRENTE



VISTA POSTERIOR

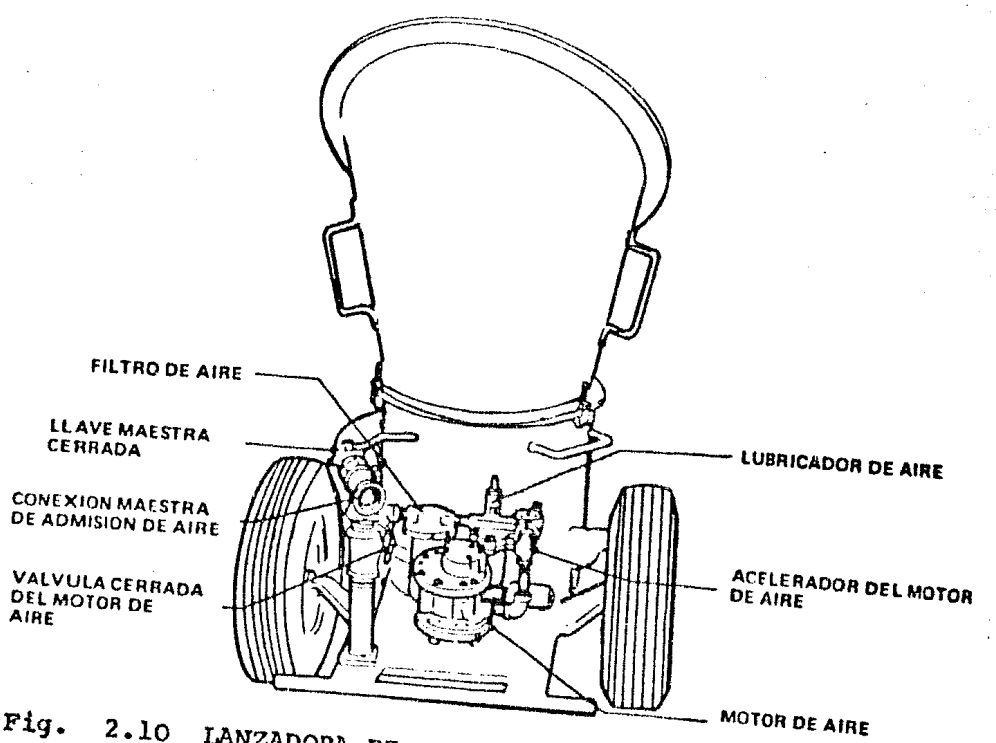
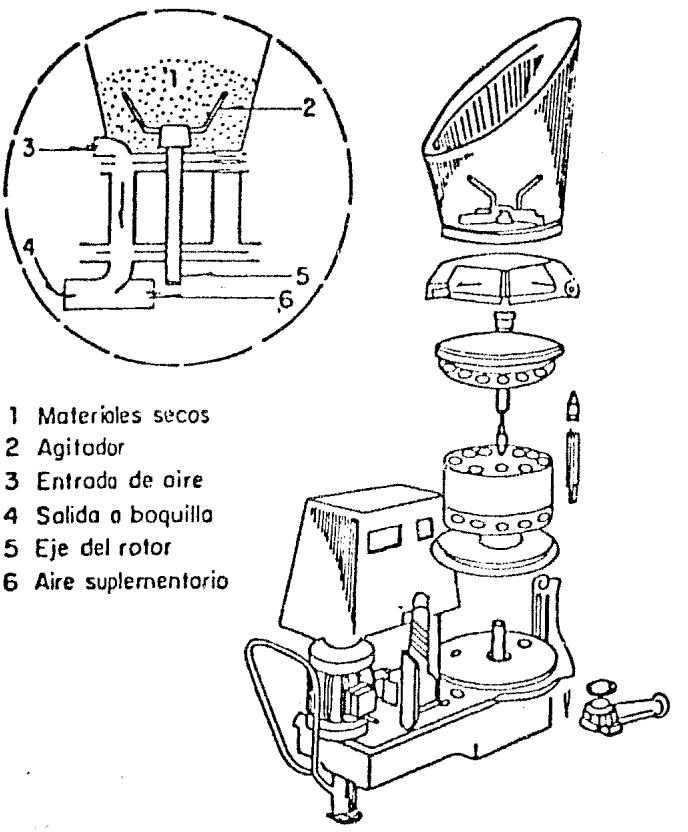


Fig. 2.10 LANZADORA DE CONCRETO

Fig. 2.10-a Lanzadora de Concreto.



1 Materiales secos
2 Agitador
3 Entrada de aire
4 Salida a boquilla
5 Eje del rotor
6 Aire suplementario

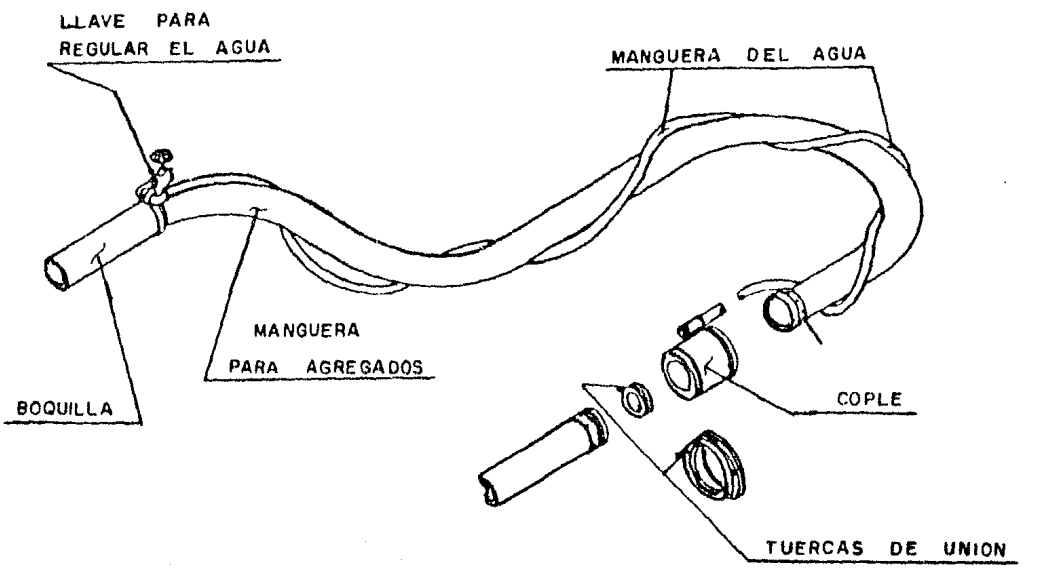
Lanzadora tipo revólver

b.2 Trompa de Colados.- Consiste en secciones de tubos de 6m. de largo y 2.5" de ø, que se van uniendo con anillos de presión, tanto como sea la distancia a que se desea colar.

b.3 Cimbra Metálica Seccional.- Consiste en una estructura metálica, desplazada sobre rieles por medio de un malacate, con 4 patas en las cuales existen gatos hidráulicos para ajustar la altura de cada uno, sobre ésta estructura se apoyan 3 secciones semicirculares de 2m. cada una, que darán la forma a la sección del túnel. Esta cimbra tiene un avance de 6m. por colado.

b.4 Vibradores para Concreto.- Estos sirven para repartir el concreto en toda la sección que se desea colar.

Fig. 2.11 Mangueras de Lanzado.



2.4.9 Personal

Tomando en cuenta al personal técnico y administrativo, - el personal que ejecuta un túnel, esta compuesto de los si---- guientes elementos:

a. Sobrestantes

b. Jefes de Turno

c. Cabos

d. Peones

e. Oficiales

Desglozando sus actividades, estas son:

a. Sobrestantes.- Son los trabajadores de más gerarquía y -- experiencia dentro del personal no profesional; su función --- consiste en cuidar la seguridad y eficiencia del personal y -- equipo en la construcción de una obra.

b. Jefes de Turno.- Son auxiliares de los sobrestantes en -- quienes estos delegan algunas de sus responsabilidades.

c. Cabos.- Son las personas que tienen a su cargo una cuadrilla de peones y, son quienes están en contacto con el personal y equipo en una forma más directa.

Las actividades que requieren de un cabo son por ejemplo: Ma-- niobras, manteo, lanzado de concreto, colocación concreto hi-- dráulico, cimbra, frente de excavación.

c.1 Cabo de maniobras.- Es el responsable de dirigir el suministro de maquinaria, material y equipo de construcción al túnel.

c.2 Cabo de manteo.- Tiene a su cargo la recepción de la resaga en el túnel y su manteo a la tolva exterior (Superficial).

c.3 Cabo de concreto lanzado.- Dirige las operaciones de re-- cepción de agregados, cemento, aditivos, agua, etc., y la ope-

raciones de recepción de agregados, cemento, aditivos, agua, -- etc., y la operación de lanzado a las paredes del túnel.

c.4 Cabo de concreto Hidráulico.- Dirige las operaciones de recepción de concreto, su colocación y vibrado en el recubrimiento definitivo del túnel.

c.5 Cabo de cimbra.- Tiene a su cargo la colocación de la cimbra (metálica y de madera). Su conservación y su buen funcionamiento.

c.6 Cabo de frente de excavación.- Su función es dirigir la -- excavación en cada uno de los frentes de túnel con cualquier -- equipo empleado.

d. Peones.- Es el personal menos calificado y con la menor -- experiencia con que se cuenta en los trabajos más rudos, en todas las áreas de la construcción.

e. Oficiales.- Son aquellos trabajadores dedicados a un determinado oficio sin estar sujetos a trabajos en equipo o cuadrilla, aunque en las mayorías de las ocasiones tienen ayudantes - como auxiliares.

Dentro de la construcción contamos también con:

f. Choferes u operadores.- Son los conductores de vehículos- y máquinas dentro o fuera del túnel.

g. Malacateros.- Son las personas que manejan los controles- de los cables de los malacates.

h. Carpinteros.- Son los oficiales que cortan la madera de - la cimbra al tamaño necesario.

i. Electrisistas.- Estos oficiales son los encargados del -- alumbrado y mantenimiento eléctrico de las instalaciones motores y líneas de transmisión y distribución.

j. Soldadores.- Son los encargados de construir equipo de -- construcción por medio de soldadura y corte, esto lo hacen --- cuando es una urgencia y no es posible adquirirlo en fábrica,- con lo cual se vería retrasado el avance de un frente de traba

CAPITULO III

LUMBRERA

jo.

Así como los anteriores existen otros trabajadores, que --- hacen posible la construcción de una obra en túnel.

* Trabe de Borde.- Es un elemento estructural que se cons-- truye en la intersección de una Lumbrera con un Túnel, o bien en la intersección de dos ó más Túneles, y tiene por objeto absor-- ver las deformaciones que se generan al inicio de la excavación- del Túnel por construir.

L U M B R E R A

3.1 FINALIDAD

Las Lumbreras ó accesos, consisten en pozos verticales - de diámetro suficientemente amplio (el cual está en relación directa con el diámetro del túnel) y son obras complementa-- rias que constituyen una forma fácil y segura de llegar al lugar donde se iniciará un túnel ó en su caso un tramo del mismo, además de permitir la introducción de los equipos y materiales necesarios para su construcción (rezagadoras, marcos- metálicos, escudo, madera, concreto, aire, etc.).

También nos permite extraer los materiales producto de - la excavación.

Su forma y dimensiones depende básicamente de la magni-- tud de la obra así como del tipo de equipo que va a introdu-- cirse por ellas para atacar el túnel, generalmente pueden ser circulares, cuadradas, rectangulares o poligonales.

3.2 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE LUMBRERAS

Dentro de los procedimientos de construcción de Lumbre-- ras podemos clasificar dos grupos, Lumbreras en Suelo Blando- (arcilla del Valle de México) y Lumbreras en Material Com-- pacto (tobas compactadas, roca, etc.) .

3.2.1 Lumbreras en Suelo Blando

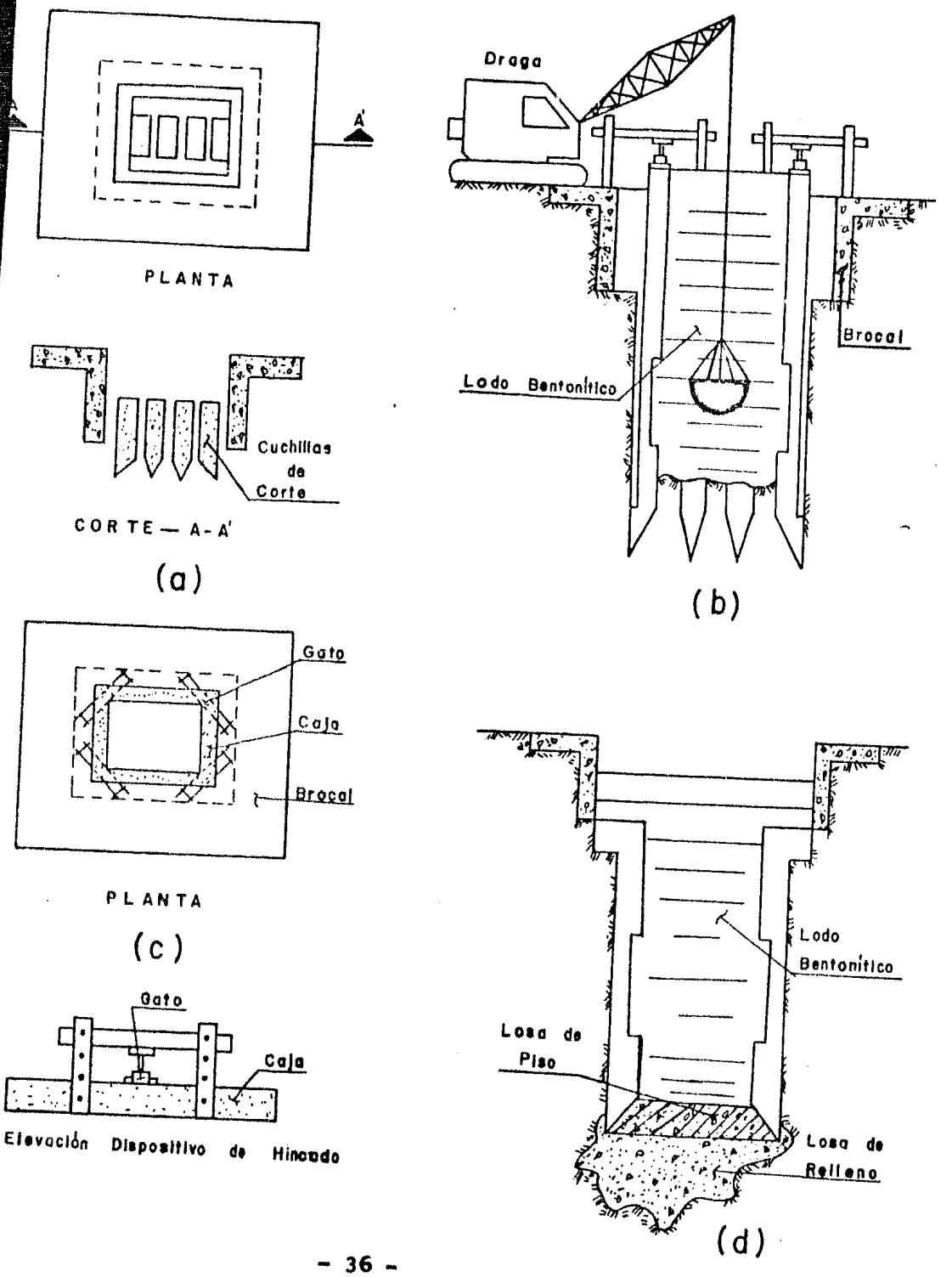
Podemos considerar tres procedimientos para la construc- ción de Lumbreras en Material Blando y que son:

a) Lumbrera Hincada (Pozo Indio).
b) Lumbrera Colocadas por Flotación.
c) Lumbrera Ejecutadas Empleando Muro Milán.

a) Lumbrera Hincada

Consiste en colar una sección perimetral en el lugar don

Fig. 3.1 Lumbrera Hincada.



de debe ir la Lumbrera y proceder a excavar la parte central - con una almeja. Las etapas de construcción se ilustran en la - Fig. No. 3.1 y son las sig:

1.- Se construye un brocal con paredes y losa de borde de concreto reforzado de resistencia y peso tales que permitan soportar el empuje de los gatos hidráulicos que se usarán para la - hinca del resto de la Lumbrera.

2.- Se excava en el interior del brocal hasta una profundidad- no mayor que la del nivel freático (de 3 a 4 M.) y en el fondo de la excavación se colocan unas cuchillas metálicas cuya - función es facilitar el corte del suelo durante la hinca e impedir el bufamiento del fondo de la excavación (Fig. No.3.1.a)

3.- Sobre las cuchillas se cuela el primer tramo de las pare-- des de las Lumbreras. Previo fraguado de esta sección, se descimbra y se inicia la hinca con la presión de cuatro gatos hidráulicos que reaccionan sobre vigas metálicas ancladas al brocal. Simultáneamente con el hincado, se excava en el interior- de la Lumbrera, arriba del nivel de las cuchillas con un cucharón de almeja sustituyendo el material excavado con lodo bentonítico (Fig. No. 3.1.b y c).

4.- Se repite sucesivamente la operación de colado, hinca y excavación hasta alcanzar la profundidad de proyecto.

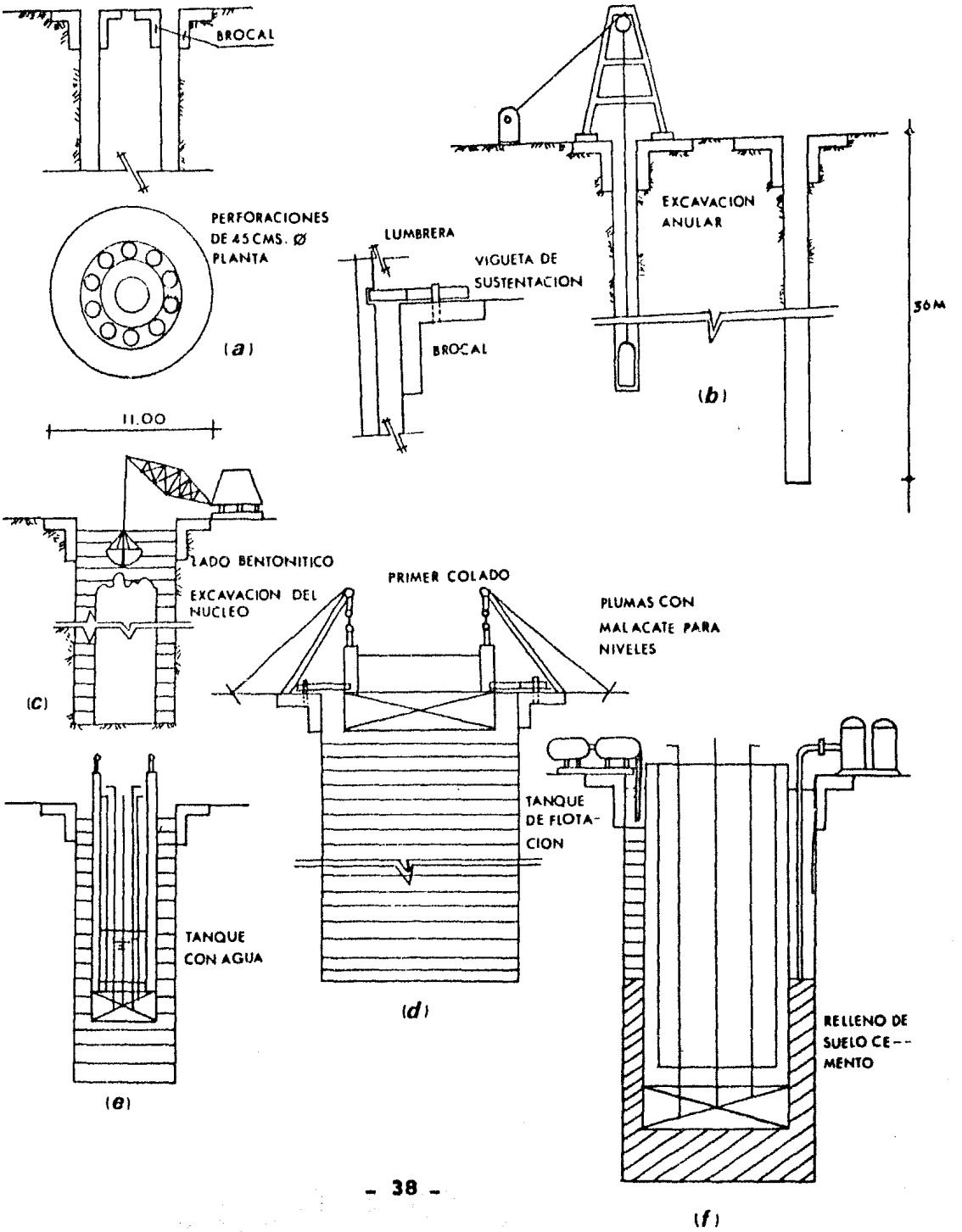
5.- Se ligan estructuralmente la caja y el brocal; se excava - debajo del nivel de las cuchillas rellenando ésta última excavación con concreto simple mediante trompas de colado a través del lodo bentonítico. En seguida se extrae este lodo y se cuela la losa de fondo de concreto reforzado (Fig. No. 3.1.d).

Para la entrada ó salida del equipo de los túneles, en -- las paredes correspondientes de la Lumbrera existen preparaciones de las dimenciones apropiadas, tales preparaciones consisten en membranas de concreto reforzado de 70 cms. de espesor - apoyadas interiormente en viguetas de acero (Fig. No. 3.1.b y d).

b) Lumbreras Colocadas por Flotación

Las Lumbreras de este tipo, se han usado para profundida-

Fig.3.2 ETAPAS DE CONSTRUCCION DE UNA LUMBRERA FLOTADA



des hasta de 32 M., son de sección circular. El procedimiento de su construcción está patentado; sus etapas se muestran en la Fig. No. 3.2.

1.- Se construye un pequeño brocal de concreto que consta de dos coronas circulares (Fig. No. 3.2.a.) entre las cuales se hacen 16 perforaciones de 45 cms. de diámetro hasta la profundidad de proyecto de la Lumbrera (Fig. No. 3.2.a y b).

2.- Teniendo como guía el brocal, a partir de las perforaciones se hace una excavación anular de 50 cms. de ancho que se mantiene llena de lodo bentonítico. Para esta excavación se emplea un cucharón de almeja guiada (Fig. No. 3.2.b).

3.- Se excava el núcleo de la Lumbrera con cucharón de almeja manteniendo la perforación llena de lodo bentonítico (Fig. No. 3.2.b) .

4.- Terminada la excavación, sobre la superficie del lodo bentonítico, se coloca un tanque metálico sin fondo, que se liga al brocal mediante viguetas de acero. Sobre el tanque se cuela la losa de fondo de la Lumbrera y el primer anillo de la pared (Fig. No. 3.2.d).

5.- Después de descimbrar el primer tramo de colado, se inyecta aire al tanque metálico invertido hasta anular la carga trasmitida por éste a las viguetas metálicas que son entonces retiradas.

El tanque queda así flotando sobre el lodo bentonítico mediante el escape controlado de aire puede hacerse descender hasta que ciertas mezclas que se dejaron en las paredes precoladas de la Lumbrera estén en posición para apoyarse de nuevo en las viguetas hasta llegar a la profundidad de proyecto. Durante el descenso de la Lumbrera, cuatro malacates permiten equilibrar cualquier tendencia a volteamiento originada por la flotación (Fig. No. 3.2.d y c).

Cuando el empuje de flotación es mayor que el peso de la estructura se lastra el interior de ésta con agua.

6.- Una vez bajada la Lumbrera hasta la profundidad de proyecto, se liga al brocal mediante trabes de concreto.

El lodo bentonítico que quedó en el tanque metálico y en

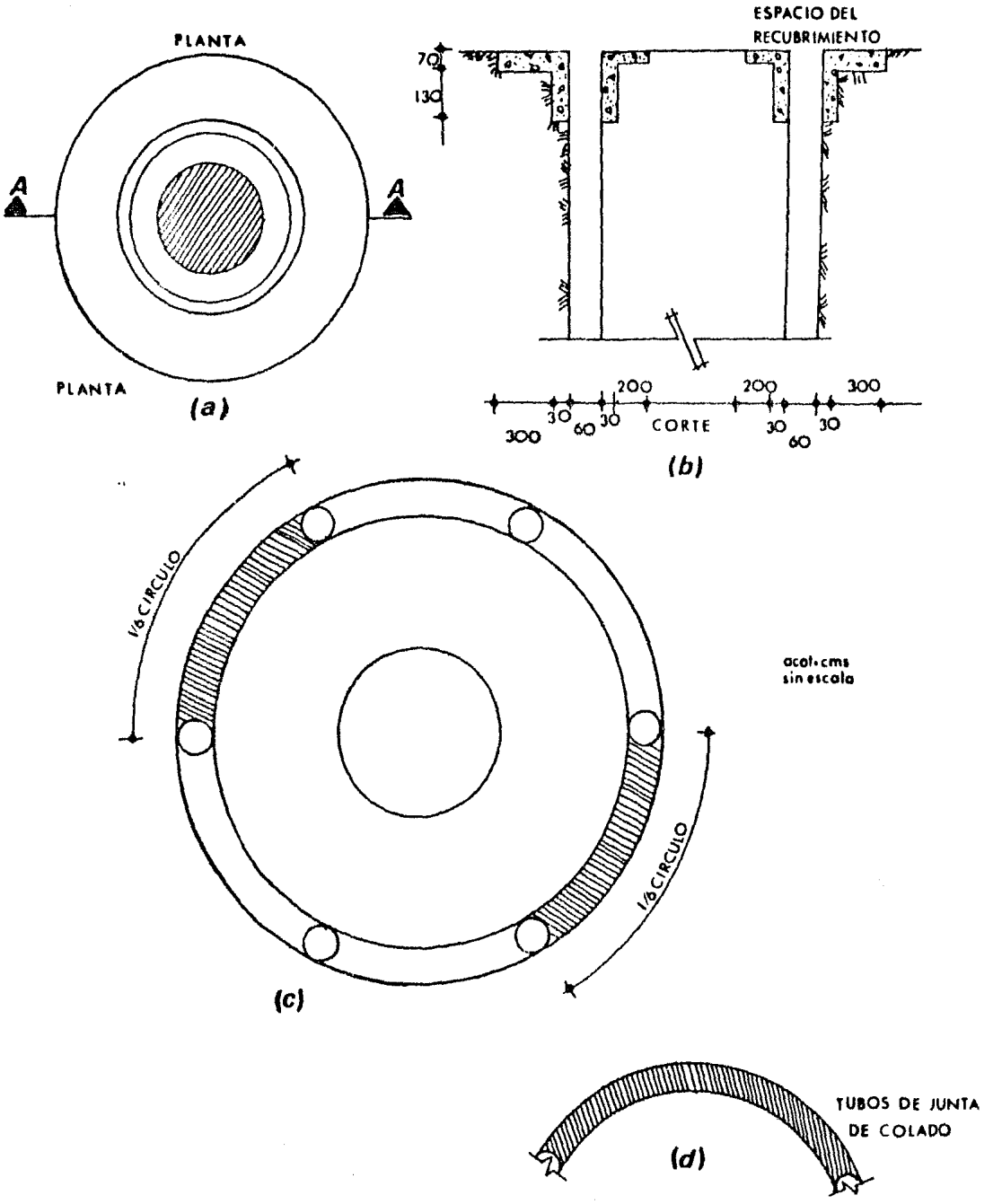


Fig. 3.3 LUMBRERA CON MURO MILAN

el espacio anular entre excavación y Lumbrera, se sustituye -- por suelo-cemento de resistencia ligeramente superior a las -- del suelo original (Fig. No. 3.2.f).

c) Lumbreras Ejecutadas Empleando Muro Milán

Este procedimiento consiste en colar una pantalla perimetral a Muro Milán que servirá como muto de contención definitivo de la Lumbrera y que se colocará hasta la profundidad necesaria; sus etapas se muestran en la Fig. No. 3.3).

1.- Se construyen dos brocales circulares de concreto armado,- con una separación radial igual al espesor del muro y que tiene como objeto servir como guía para la almeja de excavación - (Fig. No. 3.3).

2.- Se hacen barrenos guias de un Ø aproximado de (20") 50 - cms. y su separación centro a centro conciden con la longitud- de la almeja totalmente abierta y se llevan hasta la profundidad total necesaria, siendo simultáneamente rellenados con una mezcla de agua, bentonita, carbonato de sodio y cemento; esta- mezcla tiene como propiedad principal, la de evitar que una excavación ejecutada en un material cuya resistencia es muy baja, se cierre, por lo que prácticamente puede decirse que le sirve de ademe. La finalidad de estos barrenos guía es la de facilitar la excavación a la almeja y de que como su nombre lo indica, ir guiando la almeja, para garantizar la excavación.

3.- Se procede a realizar la excavación para diafragma (Fig.- No. 3.3.a y b) con almeja cuyo espesor coincide con el espe-- sor proyectada para la pantalla, efectuando esta excavación -- hasta su profundidad total y por tramos hasta acompletar un -- sexto de circunferencia, se rellena con bentonita conforme se- avanza la excavación.

4.- Se procede a colocar el fierro de refuerzo, para la cual - se hacen parrillas en segmentos circulares con longitud de curva ligeramente menor al segmento por colar aproximadamente un- sexto de la circunferencia y con una altura que facilite su -- operación, dejando longitud de varilla para ir efectuando los- traslapes necesarios conforme se va introduciendo la parrilla- en la excavación con una grua giratoria.

Estas parrilas necesitan ir soldadas total y perfectamen-

te bien contraventeadas, para evitar que se deformen en el momento de levantarlas e introducirse en la excavación.

5.- Para efectuar el colado del diafragma (equivalente aproximádamente a un sexto de la circunferencia) se usan como juntas de colado tubos de lámina hasta la profundidad excavada y rellenos de grava formándose así una media luna en los extremos de la sección colada (junta de colado) (Fig. No. 3.3.d).

Al excavar la almeja de sección adyacente al colado irá desgarrando los tubos de lámina y sacándolos de la excavación. Se procede a bombear concreto empezando en la parte inferior y manteniendo la salida del concreto siempre dentro del mismo para que conforme sube el colado se vaya eliminado el lodo bentonítico hasta completar el colado de cada diafragma. El colado se da por terminado cuando comienza a aflorar en la excavación el concreto no contaminado.

6.- Al terminar de colar todos los diafragmas queda colada toda la pantalla preliminar a Muro Milán procediéndose a efectuar la excavación del núcleo central teniendo cuidado de controlar únicamente el bufamiento del material, lo cual se puede hacer efectuando la excavación de agua para que su mismo peso evite el bufamiento.

7.- Se procede a colar el tapón del fondo el cual es de concreto simple con un espesor variable según la necesidad de cada caso. A continuación y una vez vaciada la Lumbrera, se procede a colar la plantilla definitiva que se empotra a la pantalla, por medio de una ranura que se hace previamente al colado de la misma. Quedando con este terminado el trabajo de construcción de la Lumbrera.

3.2.2 Lumbreras en Material Compacto

Los procedimientos de construcción para Lumbreras localizadas en material compacto son los tradicionales.

En si el sistema de construcción de la Lumbrera utilizada en la construcción de la Estación Auditorio define ampliamente estos procedimientos, por lo cual trataré de describirlo lo más claro posible en los siguientes párrafos.

Fig. 3.4-a Dimensiones Generales.

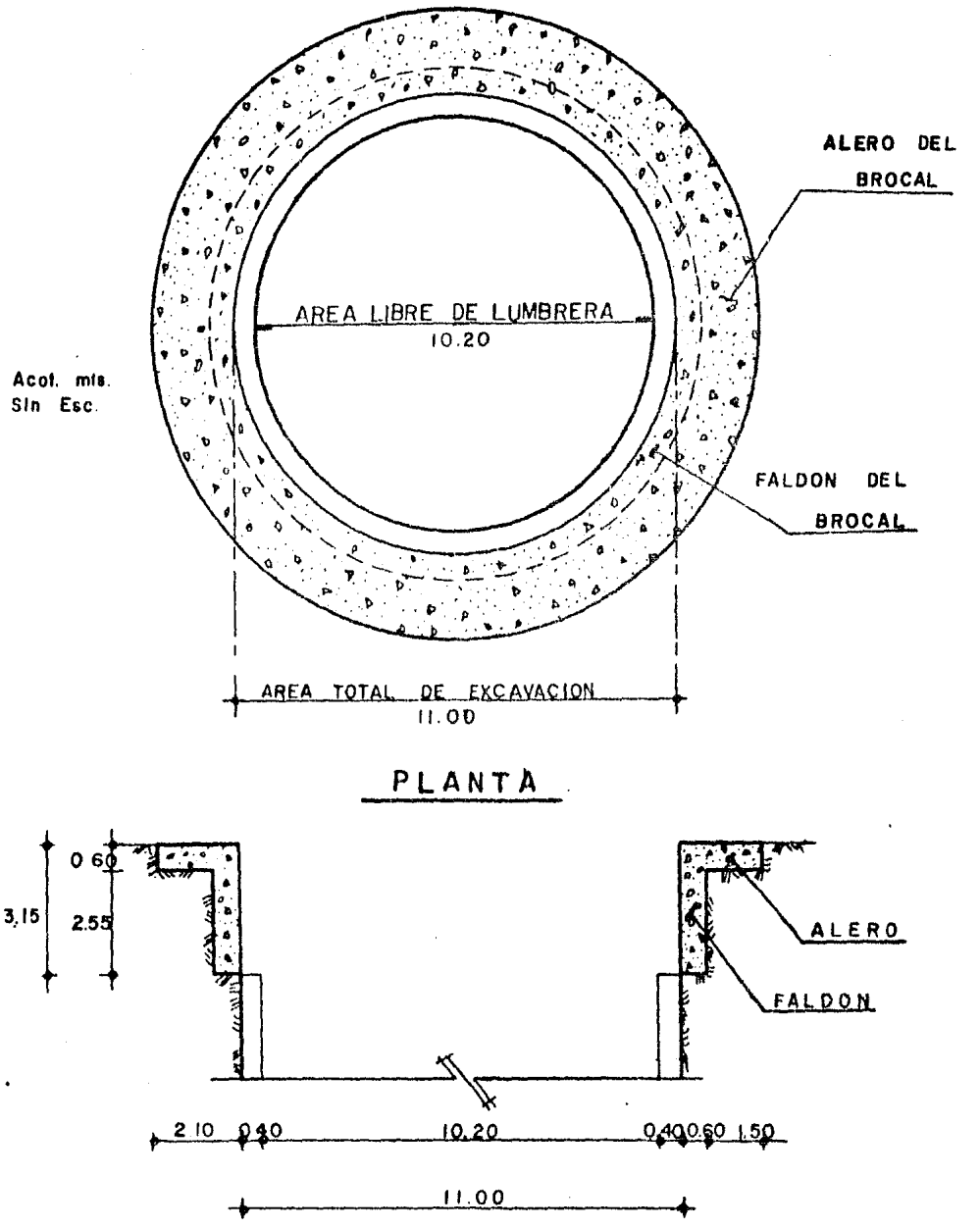
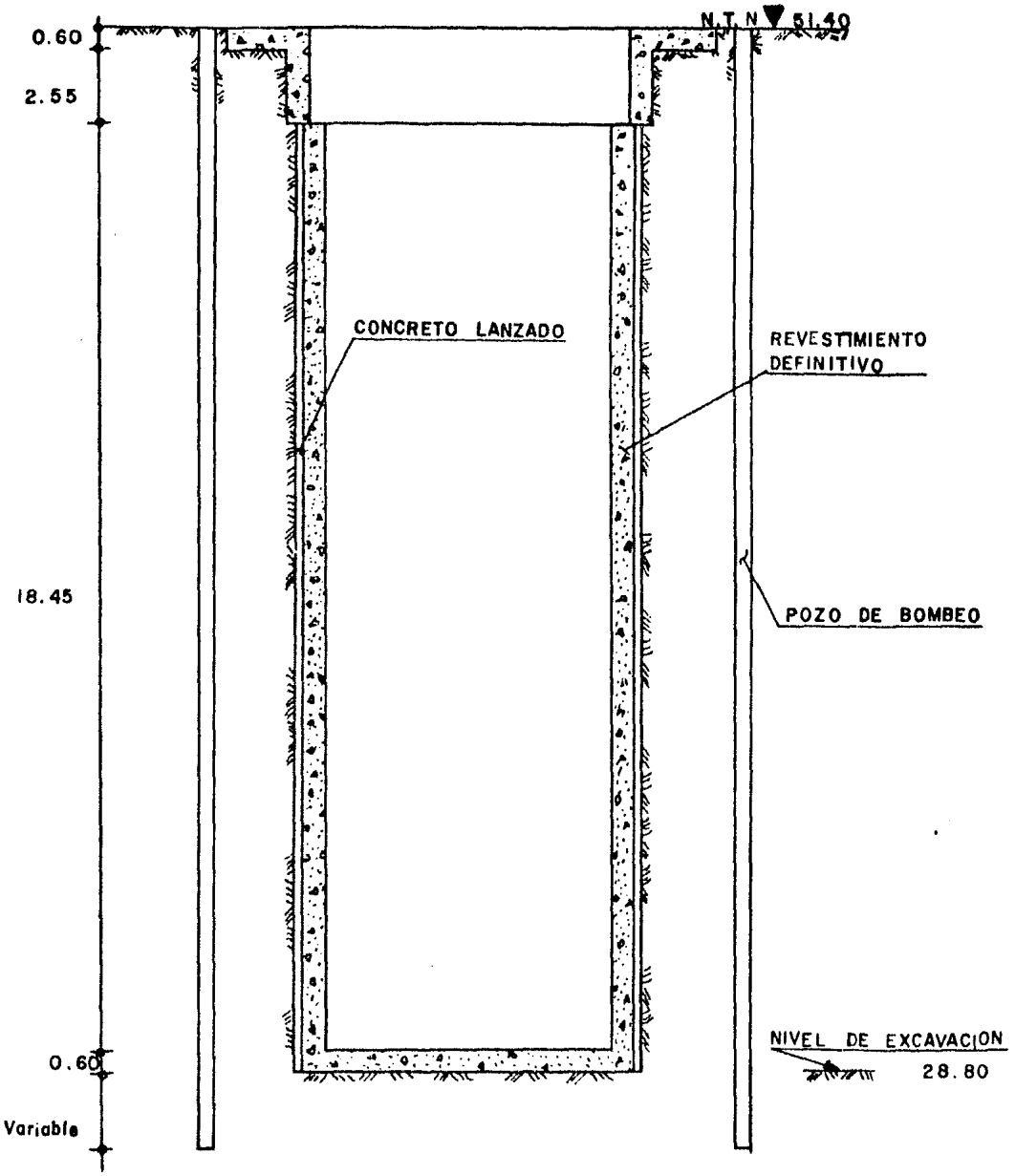


Fig. 3.4 - b



CORTE

I - I

3.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA LUMBRERA DE LA ESTACION AUDITORIO

3.3.1 Datos Generales

a) Ubicación

Esta Lumbrera forma parte de un total de 26, fué denominada AC-1 (Auditorio-Constituyentes), siendo la número 10 en número progresivo de Norte a Sur, quedando ubicada en la esquina formada por la Calzada Molino del Rey y Av. Reforma en el cadenamiento 12 + 468.917 de la Línea 7 del Metro, en el costado Poniente de la Estación Auditorio (Ver croquis de localización Fig. No. 2.1).

b) Finalidad

Su finalidad como se explicó más detalladamente en párrafos anteriores será la de poder introducir el equipo necesario para la excavación y construcción de los túneles que constituirán la Estación, así como para poder extraer la rezaga producto de la excavación.

c) Dimensiones Generales

La Lumbrera será de sección circular con un diámetro libre de 10.20 M., la sección excavada tendrá un diámetro aproximado de 11.00 M., y la extructura de retención estará constituida por marcos de acero con retaque de madera y/o concreto lanzado el cual funcionará como ademe primario ó provisional; el definitivo será a base de concreto reforzado. Las dimensiones generales se muestran en la Fig. No. 3.4. a y b .

3.3.2 Abatimiento del Nivel Freático

Con el fin de controlar las filtraciones en el interior de la Lumbrera durante el proceso de excavación será necesario construir cárcamos de bombeo de 0.30 X 0.30 X 0.30 M., comunicados entre sí por medio de zanjas, desde donde se extraerá el el agua producto de las filtraciones por medio de un bombeo de achique. Este procedimiento se seguirá en cada tramo de excavación.

Cuando el bombeo de achique resulte insuficiente para aba

tir el agua producto de las filtraciones, se instalarán pozos de bombeo de acuerdo con los siguientes lineamientos.

1) Profundidad de Pozos de Bombeo.

La profundidad a la que se perforarán los pozos de bombeo será especificada durante la construcción de la misma.

2) Perforación de Los Pozos de Bombeo.

Los pozos tendrán un diámetro de 22" y se perforarán con broca tricónica o broca de dientes. Con cualquiera de las dos herramientas que se use, se deberá utilizar en el lavado y limpieza de la perforación exclusivamente agua a presión; en ningún caso se empleará en la perforación herramienta que no utilice agua en el lavado, y tampoco deberá usarse lodo para la perforación de los pozos.

3) Limpieza de Las Perforaciones.

Para tener las perforaciones en estado de poder instalar el ademe, se lavará la perforación con agua a presión; se considera limpia ésta, hasta que el agua retorne libre de partículas.

4) Ademes de Los Pozos de Bombeo.

Antes de ademar la perforación, será necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren. Los ademes de los pozos de bombeo serán tubos de 12" de diámetro, lisos de 12.00 M. y renurados, corforme a lo indicado a continuación, de 12.00 M. a la profundidad de bombeo, el ademe será base de rejilla Filmont.

5) Renurados de los Ademes.

Los ademes se deberán suministrar ranurados con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras serán del tipo de rejilla con una abertura de 1.5 a 3.0 mm., del tipo II.

6) Filtro.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocarán

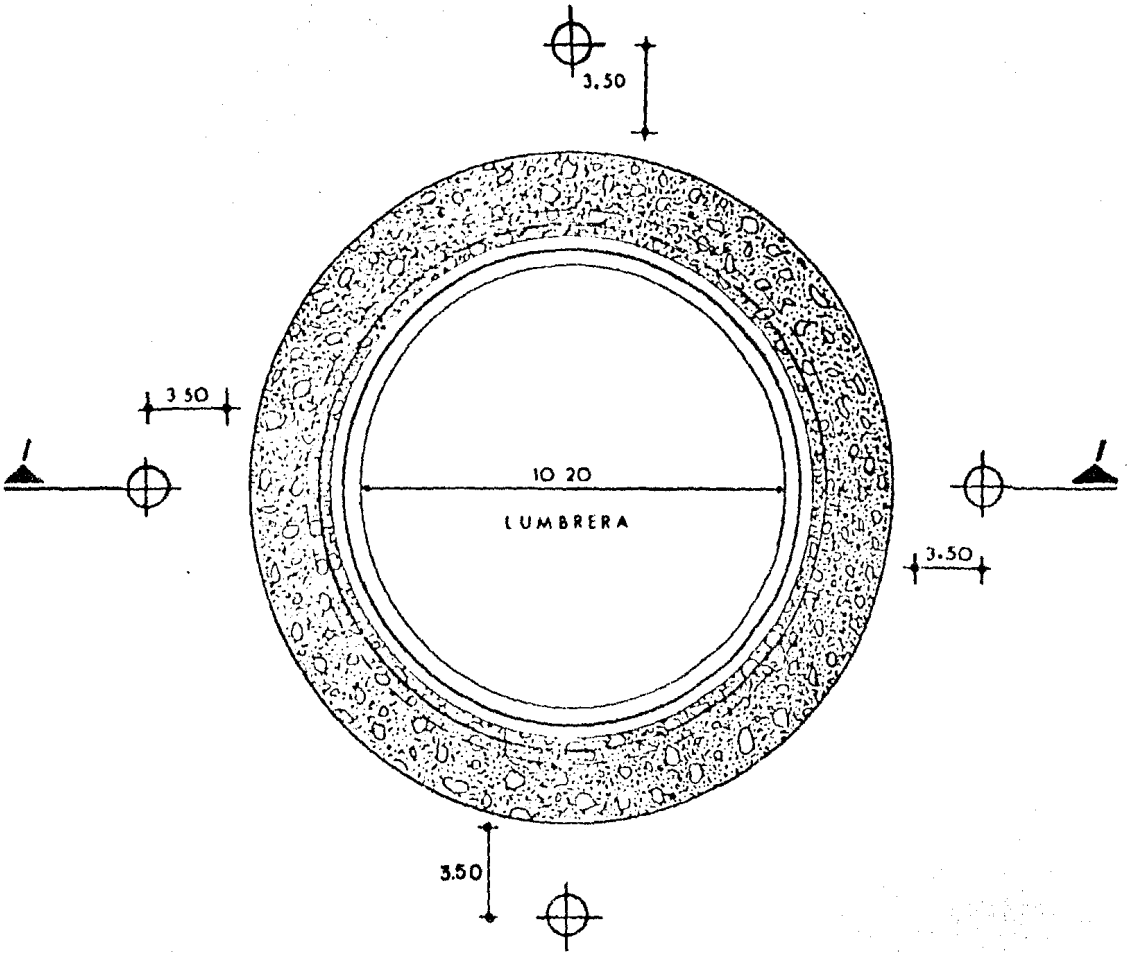


Fig. 3.5 Pozos de Bombeo.

un filtro de arena comprendida entre la malla 4 y la malla 10. el cual debe quedar entre las curvas indicadas en la Fig. No.- 3.9 . El material empleado deberá contener partículas de - todos los tamaños intermedios y deberá estar libre de finos -- con un percentaje máximo del 5 % de finos.

7) Desarrollo Del Flujo Hidráulico.

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo - y hacer con ello más eficaz el bombeo, después de colocado el- ademe y el filtro, se sifonea el interior del ademe con el sistema de Airlift (doble tubería).

8) Bombas.

Las bombas que se emplearán serán del tipo sumergible KSB del diámetro necesario y con capacidad suficiente para abatir- y mantener el nivel dinámico separado 1.00 M., durante la operación, en base a electroniveles.

9) Operación de las Bombas.

Las bombas se operán de tal forma que el bombeo mantenga- la mayor continuidad posible durante el abatimiento, controlando con válvulas en la salida.

10) Control.

Para el control del abatimiento del nivel freático, se -- registrarán en cada turno, el gasto de extracción y el nivel - dinámico en cada pozo, y con los datos registrados se elaborarán gráficas tiempo vs. gasto extraido y tiempo vs. nivel dinámico.

11) Tiempo de Bombeo.

El inicio del bombeo será simultáneo a la excavación del- núcleo de la Lumbrera. La ubicación y número de pozos se en--- cuentra indicado en la Fig. No. 3.5. El bombeo se suspenderá - cuando se cuele la losa de piso de la Lumbrera.

3.3.3 Construcción de la Lumbrera

a) Construcción del Brocal.

El Brocal de la Lumbrera es una extructura de concreto armado, que cumplirá varias funciones en la obra, como son: el -- servir de guía en la perforación de la Lumbrera, como banco de-nivel, proteger y sostener los bordes superiores de la excava-- ción, proporcionar un piso de operaciones en la boca de la Lum-brera, así como también como una superficie adecuada para el -- apoyo de la Torre de Manteo en la cual se efectuará el montaje-del mecanismo de rezagado, del cual forma parte.

Está formada de dos partes; una horizontal llamada Alero y otra vertical llamada Faldón (Ver. Figs. Nos. 3.4-a y 3.6).

El brocal se construirá una vez que sobre el terreno, se - haya definido el trazo de la Lumbrera, éste se excavará a mano-ó con maquinaria hasta una profundidad de 3.15 M., y en un an-- cho de 2.10 M. los cuales se colarán por medio de una cimbra -- apoyada contra el terreno de la excavación.

La rama horizontal del Brocal (Alero), constituye una -- pequeña losa, la cual servirá para que la máquina de excavación pueda rodar libremente, sin peligro de que se produzca algún -- caído en la superficie de la Lumbrera.

Este Brocal se construirá únicamente en el perímetro de la Lumbrera, la sección del Brocal y el armado se indican en la -- siguiente Fig. (Fig. No. 3.6) .

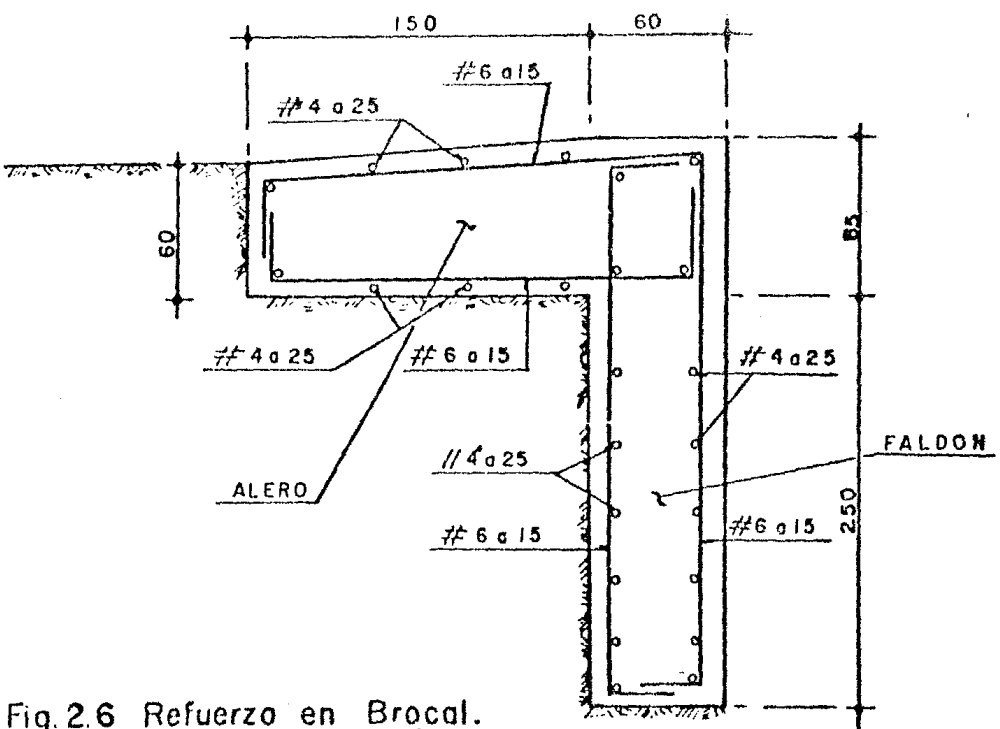


Fig. 2.6 Refuerzo en Brocal.

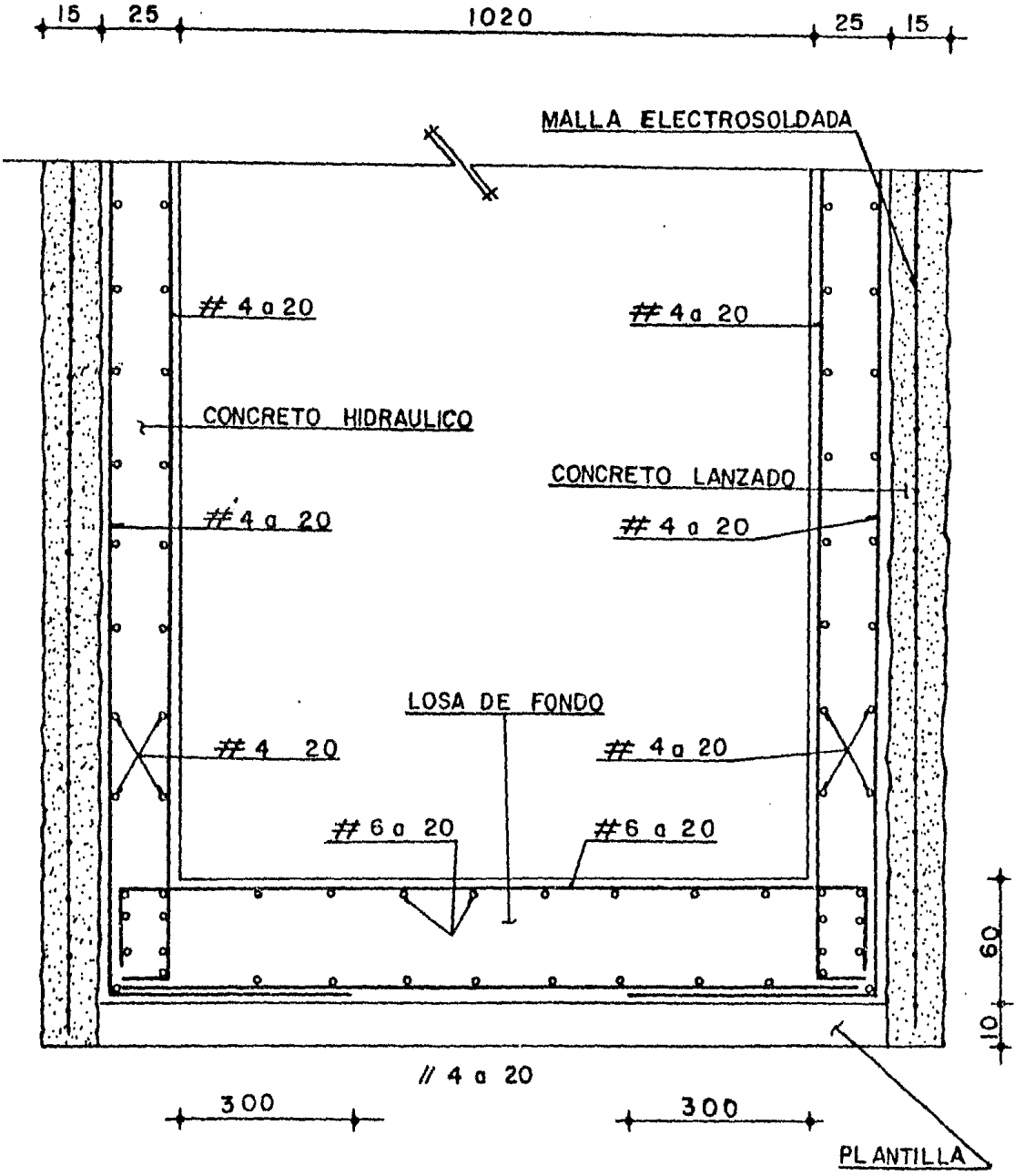


Fig. 3.7 ARMADO DE MURO Y LOZA DE FONDO EN LUMBRERA

b) Excavación y Construcción de La Lumbrera.

Después de construido el brocal y una vez que se haya alcanzado su resistencia de proyecto, se estará en condiciones de iniciar la excavación para la construcción de la Lumbrera.

La excavación se hará en el área de la Lumbrera en tramos de 2.0 M., de profundidad, una vez alcanzada dicha profundidad se procederá a colocar una estructura de contención formada por un recubrimiento provicional, el cual será una capa de concreto lanzado de 15 cm. de espesor y reforzado con una malla electrosoldada del tipo 6 X 6- 6/6.

Las características y propiedades del concreto lanzado se indicará en el capítulo de Materiales y Control de Calidad.

c) Construcción de la Losa de Piso y Ademe Definitivo.

Una vez alcanzada la profundidad de proyecto, se procederá a colar inmediatamente una plantilla de concreto pobre de 10 cm. de espesor, después de que ésta haya fraguado, se iniciará el armado y colado de la losa de piso; dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural con el muro del ademe definitivo. El espesor de la losa de piso será de 60 cm.

Treinta y seis horas después de colada la losa, se iniciará la colocación del ademe definitivo, el cual consistirá en un muro de concreto armado, colado con Cimbra Convencional ó Cimbra Deslizante.

El detalle del armado de la losa de fondo y del muro de la Lumbrera se muestran en la Fig. No. 3.7.

El ademe definitivo de la Lumbrera con dirección al túnel, podrá ser eliminado dejando una preparación mediante caja de madera, de tal forma que quede únicamente el recubrimiento provisional, como lo muestra la Fig. No. 3.8.

d) Colocación del Revestimiento Definitivo.

Para llevar a cabo la colocación del Revestimiento definitivo en la Lumbrera, se utilizará el sistema de cimbra deslizante, debido a que con ello se pretende obtener un colado de una sola pieza, sin juntas y con un mejor acabado.

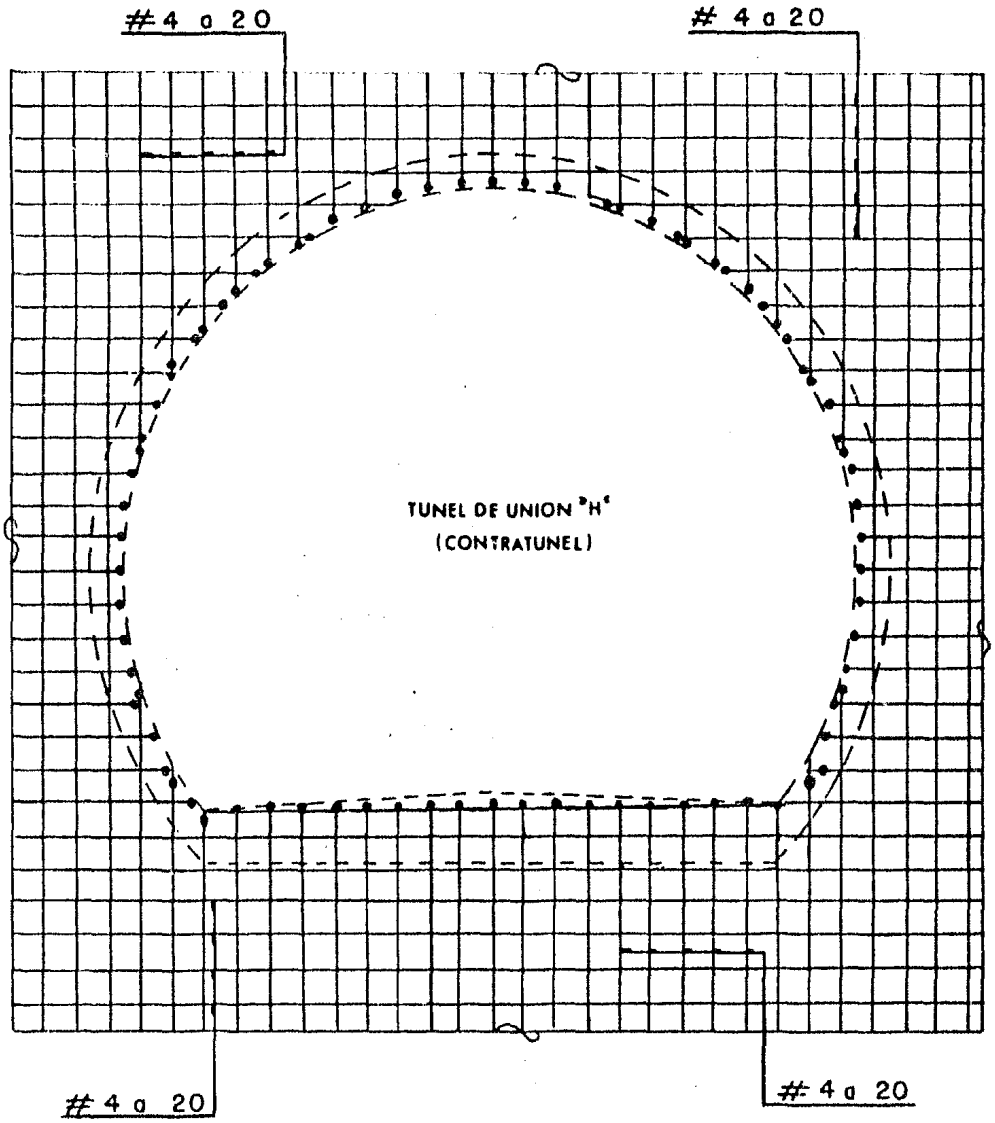
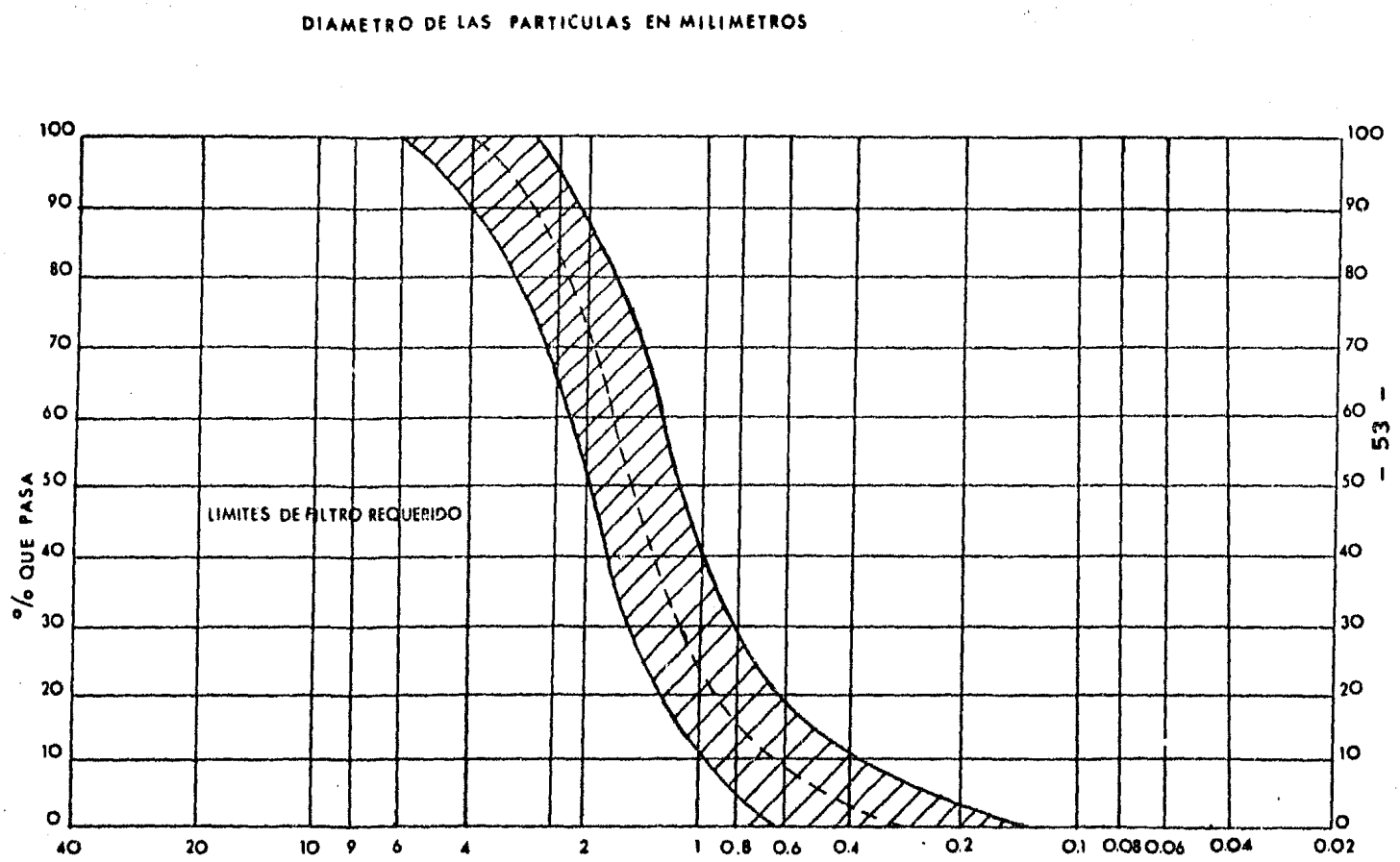


Fig. 3.8 REFUERZO DE LUMBRERA EN ZONA DE TUNEL

Fig. 3.9


DIAMETRO DE LAS PARTICULAS EN MILIMETROS
% QUE PASA
LIMITES DE FILTRO REQUERIDO
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
40
20
10
9
6
4
2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02

A continuación trataré de explicar la forma en que se --- lleva a cabo la colocación del Recubrimiento Definitivo en la- Lumbrera de la Estación Auditorio.

e) Colocación del Armado

1) En Muros.

El armado en la Lumbrera será a base de varillas corrugadas de 1/2" de Ø con un fy=4000 Kg./cm.2, colocadas a cada 20- cms., en ambos sentidos.

Para facilitar la maniobra del refuerzo vertical, en la - parte superior se soldará a las " Barbas " del Brocal y se --- irán colgando las siguientes varillas, soldándolas en su res-- pectivo traslape, hasta dar la longitud de la Lumbrera, dejando ahogadas las varillas en la losa de piso una distancia ---- igual a 3 Mts. tal como lo indica la Fig. No. 3.7.

Ahora bien el refuerso horizontal, también a cada 20 cms. se colocará conforme se vaya habilitando el acero en la superficie para darle un desarrollo efectivo, será igual al perímetro requerido por el diámetro de la Lumbrera, y tendrá la forma de anillo para facilitar así el manejo del acero de refuerzo, tanto en su transporte, como en su colocación en el lugar- requerido.

2) En la Losa de Fondo

La losa de fondo de la Lumbrera será de 60 cms., de espesor y se colocará sobre una plantilla de Concreto pobre de 10- cms.

Estará armada con acero de refuerzo con un fy=4000 Kg/cm2, en el lecho inferior se colocarán varillas de 1/2" de Ø cada - 20 cms., en ambos sentidos, y en el lecho superior varillas de 3/4" de Ø a cada 20 cms., también en ambos sentidos (Ver Fig. No. 3.7).

La losa de fondo es la primera parte de la Lumbrera que - se cuela, ya que sobre ésta se arma la cimbra deslizante que - se utilizará en el colado de los muros.

f) Colocación de la Cimbra Deslizante.

Una vez colocado el armado necesario se procederá a la - colocación de la cimbra, armada en la parte inferior de la -- Lumbrera sobre el tapón o Losa ya construída.

Ya puesta la cimbra en posición se colocarán gatos hi--- dráulicos, los cuales forman parte del sistema de elevación - de la cimbra, éstos se apoyán en el Brocal de la Lumbrera para dejar las líneas de la tubería de dichos gatos hasta lle-- gar a la profundidad necesaria para conectarse con la cimbra.

1) Sistema de Elevación.

Para el sistema de elevación se utilizarán 12 gatos hi-- dráulicos de 2 toneladas cada uno, que se accionan mediante - una bomba de aceite, cuya presión se obtiene de un motor especial acoplado a ella.

La forma de accionar de los gatos para ir elevando las - tuberias de donde se sostiene la cimbra es la siguiente: al - inyectar la bomba, el aceite a presión en el gato, hace fun-- cionar el mecanismo de mordazas de que está constituído, una- superior y una inferior, las cuales tienen aprisionada la tubería haciendo que la inferior corra hacia arriba, arrastrando consigo la línea de tubería, al mismo tiempo que la mordaza superior se abre para cerrarse inmediatamente después de - que se deja de aplicar la presión del aceite, volviendo entonces la de la parte inferior a su lugar, pues en ese momento - ésta se abre y cae a su sitio original.

Además cada gato está dotado de una válvula mediante la- cual permite operar independientemente cada uno de ellos. La- presión de operación de los gatos es de 120 a 150 Kg/cms2 y - el avance de ellos por cada bombazo es de 1" (2.5 cms.).

Por último al terminarse el colado se procederá a inyectar los lugares donde hay filtraciones de agua, dejando lo -- más impermeabilizada posible la Lumbrera.

Por consiguiente una vez realizadas todas las etapas citadas anteriormente se procederá a atacar el Túnel de Cone--- xión.

C A P I T U L O IV

TUNEL DE UNION

T U N E L D E U N I O N

4.1 DATOS GENERALES

4.1.1 Dimenciones Generales del Túnel

La comunicación entre la Lumbrera AC-1 y la estación ----- " Auditorio " estará concebida mediante la construcción de dos-secciones en túnel, una concerniente al Túnel (H) y la otra - al Túnel (K), (Ver Fig. No. 2.6), cuyas características geométricas se indican en la Fig. No. 4.1 a y b respectivamente.

La excavación para el Túnel de Unión, se iniciará en la -- Lumbrera (AC-1), según se muestra en la Fig. No. 2.2.

El ataque del Túnel se hará en tres secciones y con la secuencia de excavación indicada en la figura citada anteriormente, en la cual se observa que construido el Túnel de Unión hasta la mitad poniente del Túnel de Andén, será necesario construir esta mitad en toda la longitud de la estación. Una vez terminado el evento anterior se continuará con la excavación del Túnel de Unión hasta la mitad oriente del Túnel de Andén; para -- posteriormente construir esta mitad en toda la longitud de la - estación.

El detalle de la excavación del Túnel de Unión se describe en parrafos posteriores. El procedimiento constructivo del Tú-- nel de Andén se indicará por separado.

La excavación del Túnel tendrá un soporte o ademe provisional a base de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada, (Ver. Fig. No. 4.2), se procederá posteriormente a colocar el ademe definitivo, el cual estará constituido por un muro de-concreto lanzado reforzado con acero, cuyo espesor y armado de-las secciones antes mencionadas se muestran en la Fig. No. 4.3-a y b.

El detalle de la unión de la Lumbrera con el túnel se muestran en las figuras Nos. 4.4-a A 4.4-d.

En la secuencia de excavación y colocación de la estructura de soporte provisional deberán respetarse los lineamientos - expuestos en los parrafos siguientes.

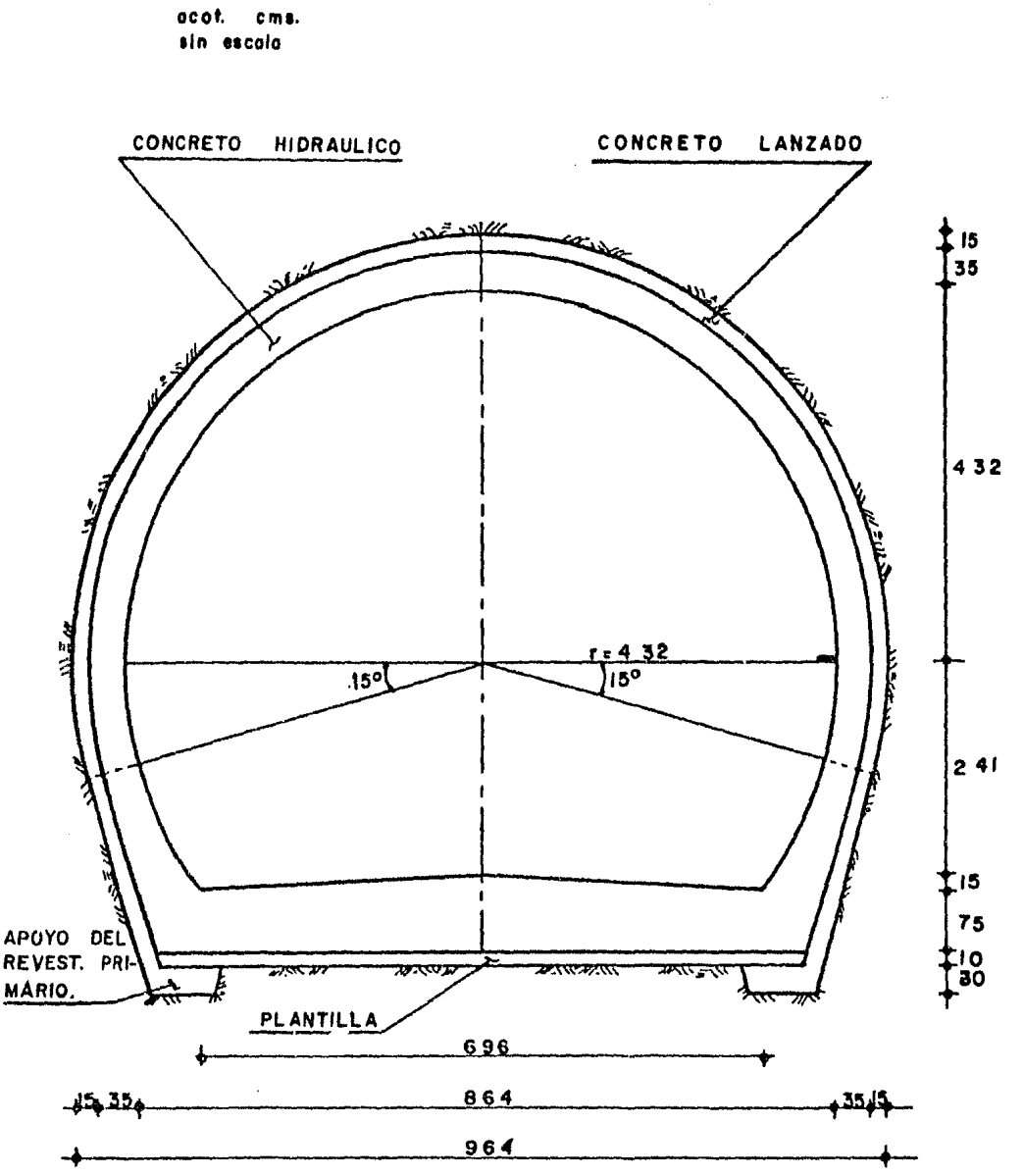
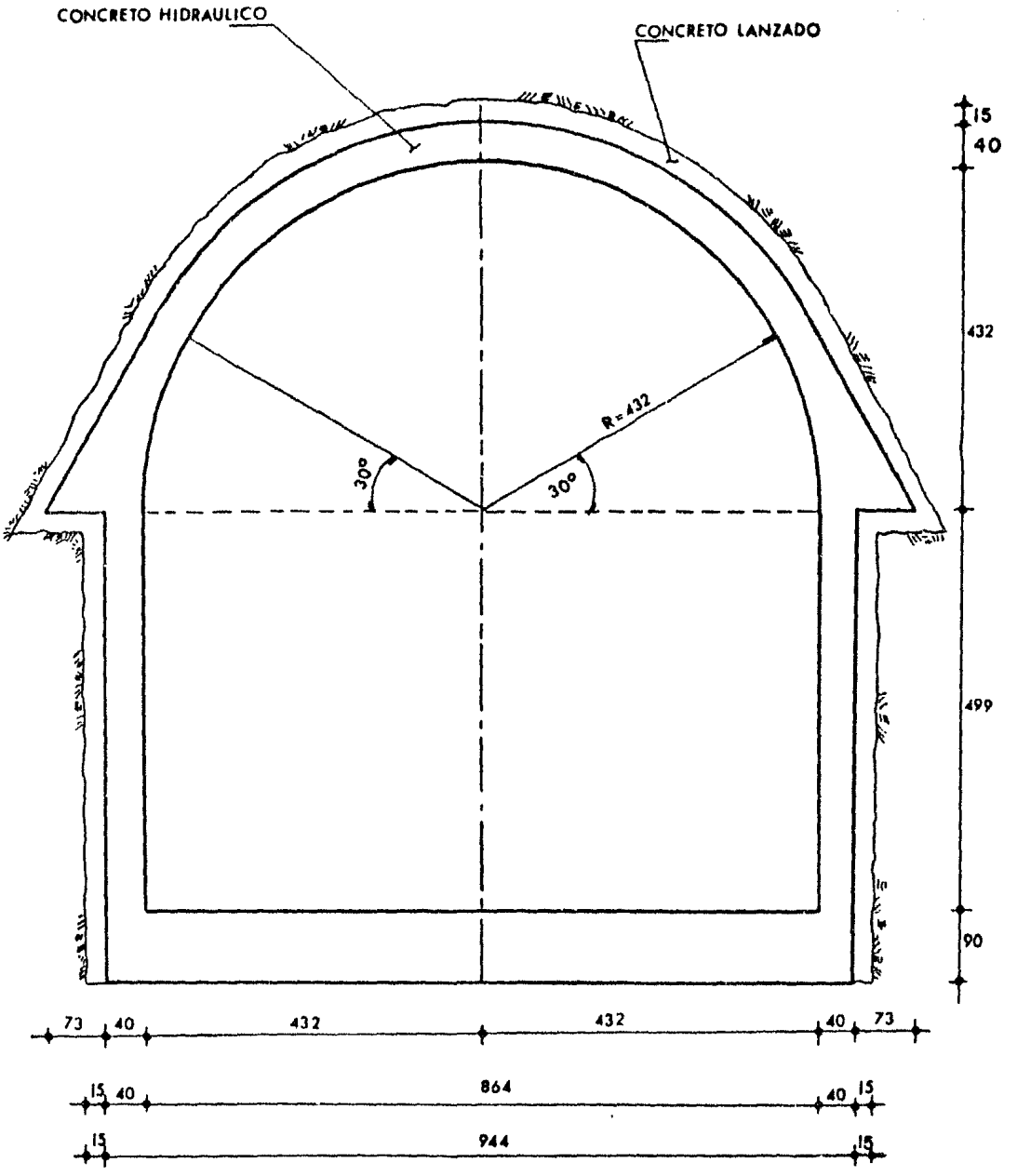


Fig. 4.1-a Túnel de Unión Sección "H".

Fig. 4-1-b Túnel de Unión Sección "K"



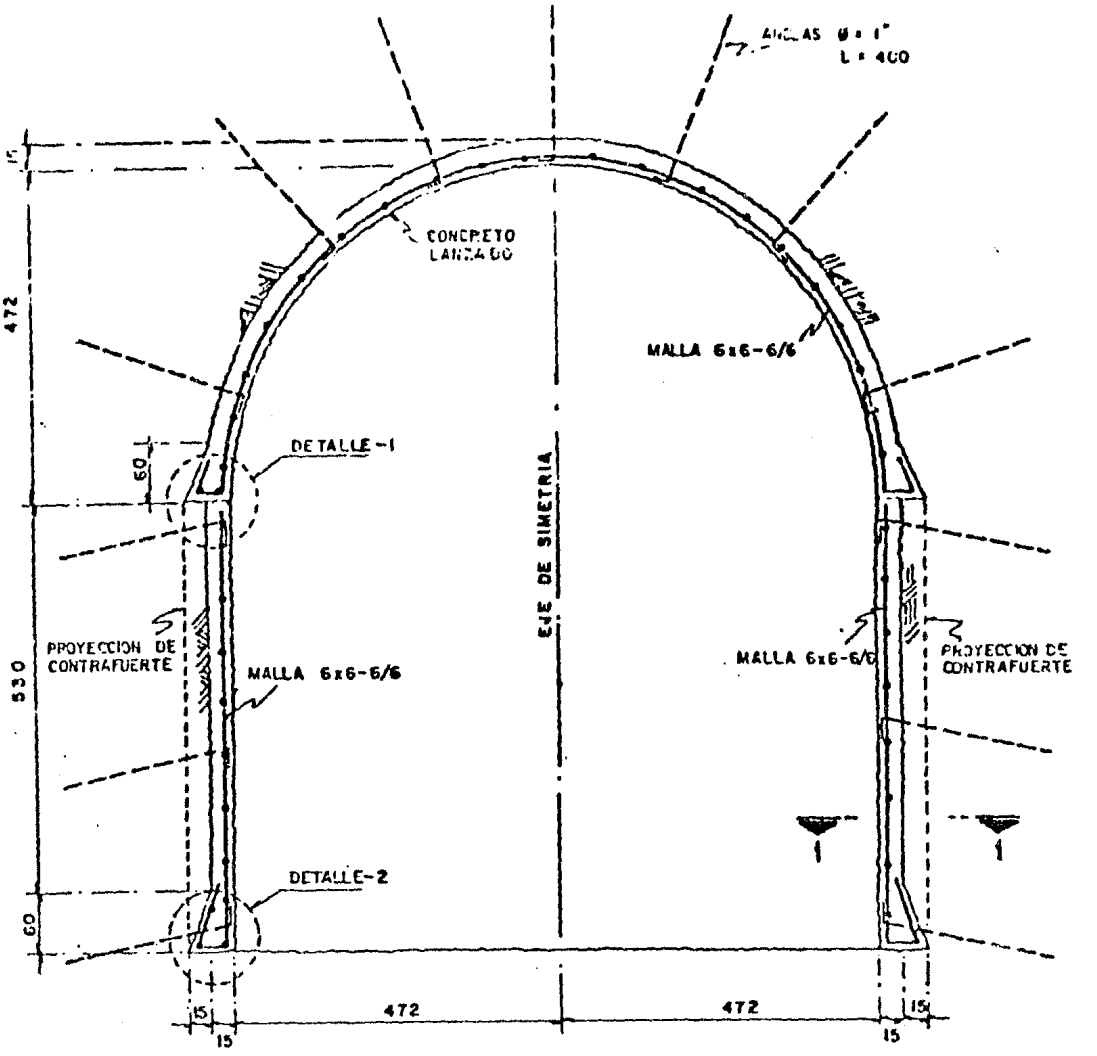


Fig. 4.2-a Revestimiento Primario en Tunel "K".

4.1.2 Emportalamiento y Trabe de Borde.

Después de construido el revestimiento definitivo de la Lumbrera se procederá a descubrir en el interior de la misma el --- área correspondiente a la sección del Túnel y una vez descubierta dicha área, se deberá colocar el emportalamiento y la trabe - de borde de acuerdo a lo indicado a continuación:

a) Se realizarán perforaciones de 1 1/4" de diámetro en la parte media superior de la sección del Túnel. Estas perforaciones servirán para alojar a las anclas y se harán a cada --- 0.75m de separación, con una profundidad de 3.00m y se colocarán del perímetro de la excavación a 0.20m de distancia,- con una inclinación de 15° con respecto al eje del Túnel. - El número mínimo de anclas que se colocarán será de once.

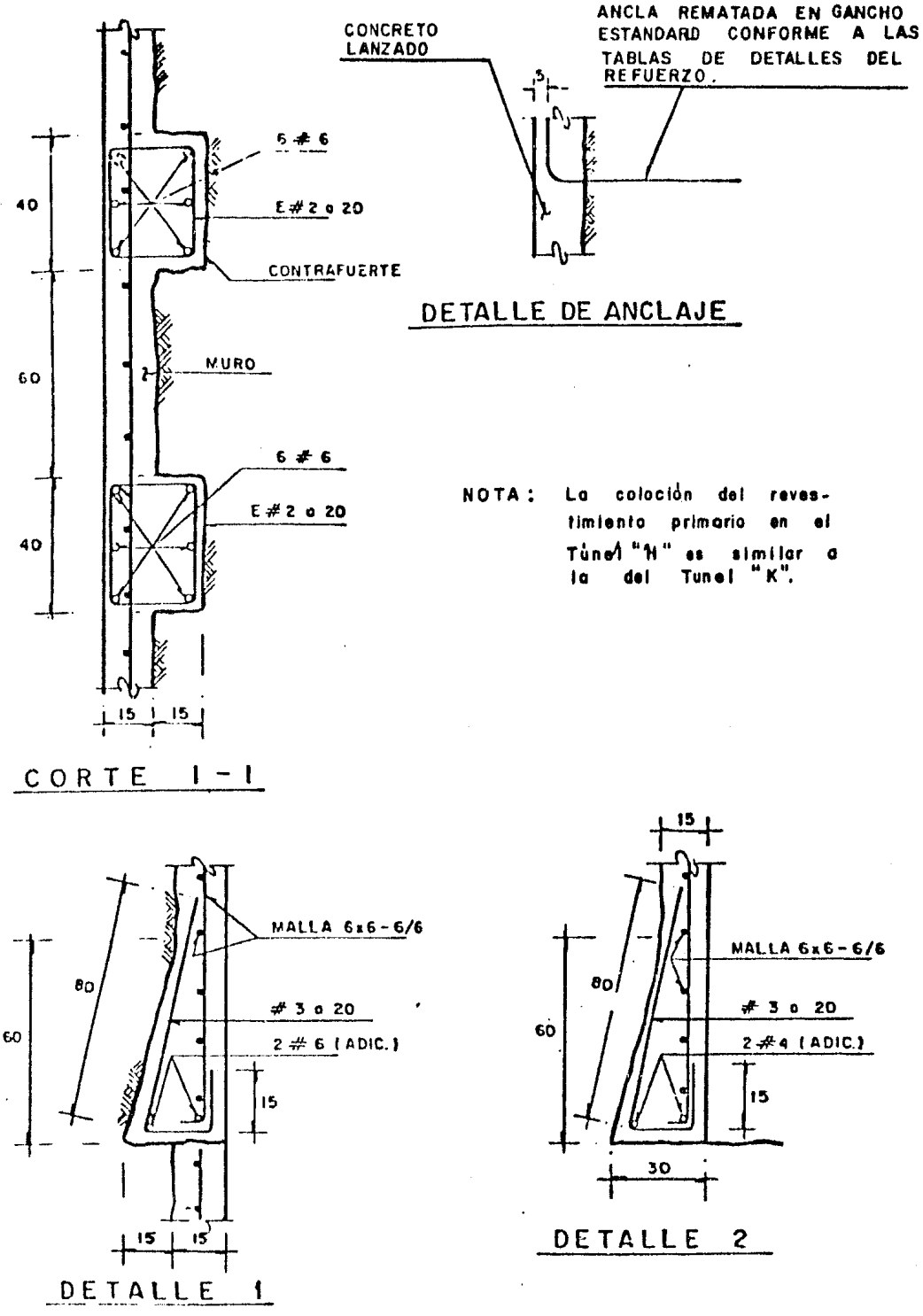
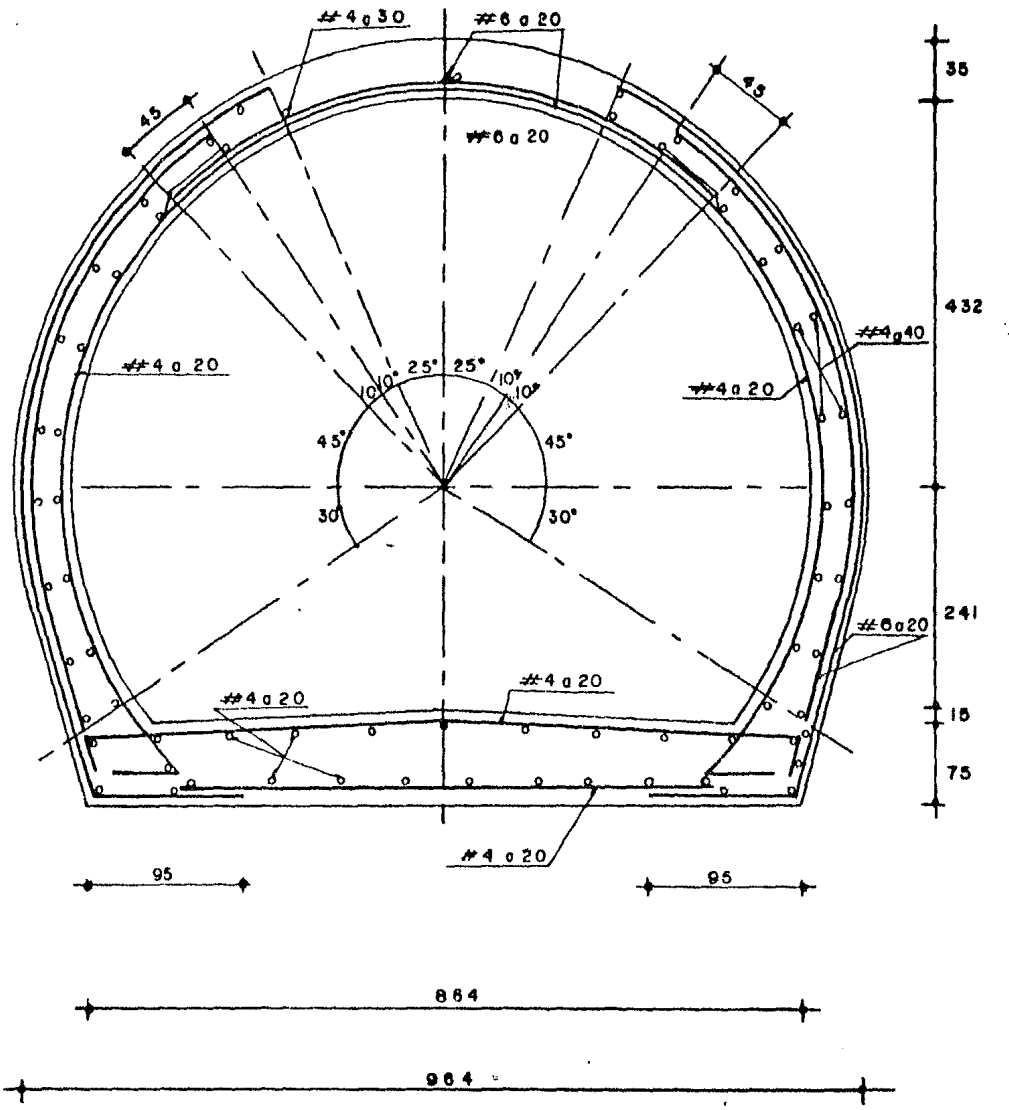


Fig. 4.2-b Detalles de Fig. 4.2-a

Fig. 4.3-a Armado en Túnel "H".



Acot. cms. Sin escala

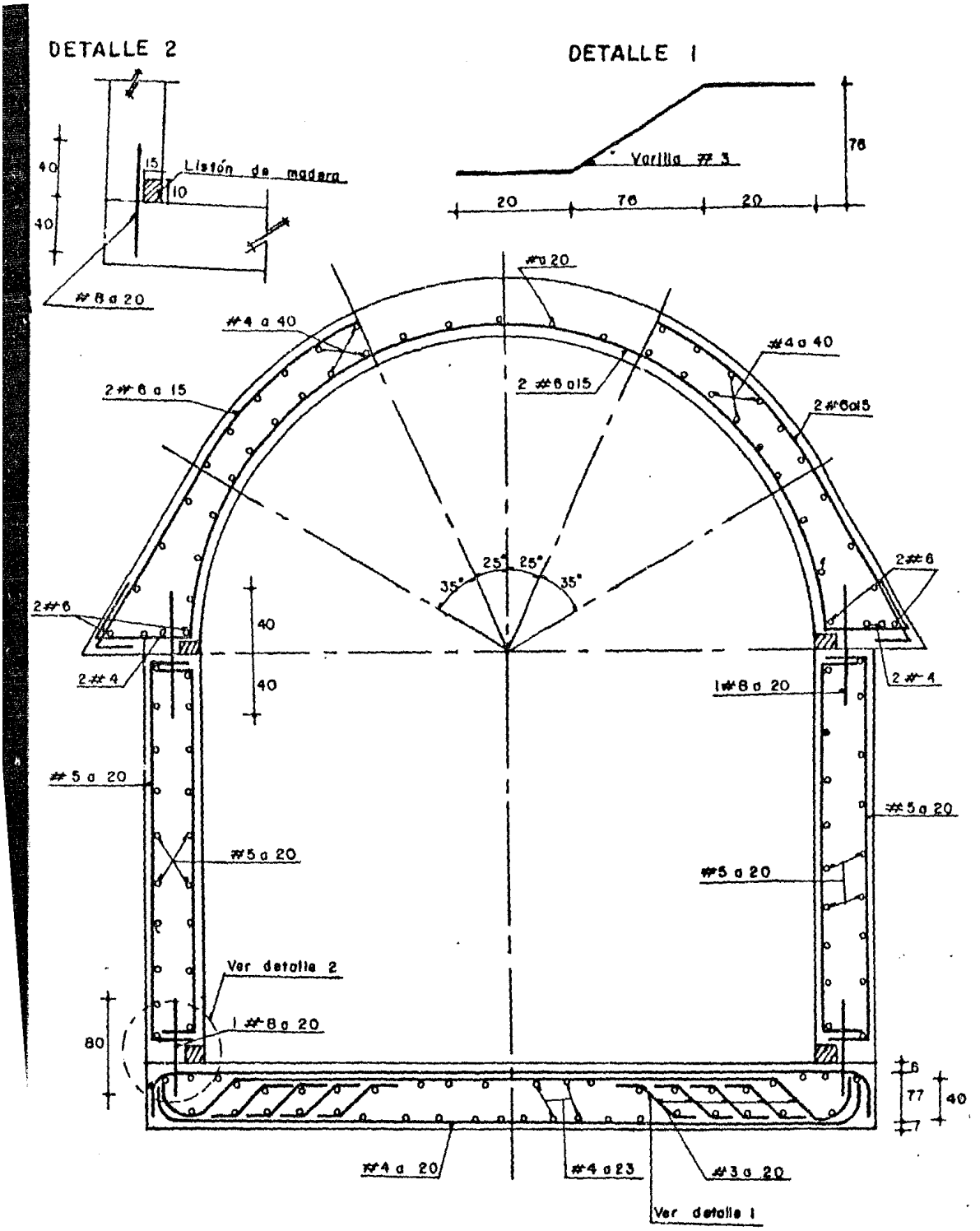


Fig. 4.3-b Armado de Tunel "K".

b) Una vez realizadas las perforaciones se deberán colocar las varillas de 1' de diámetro y posteriormente se procederá a inyectar con una lechada en una proporción de dos partes de cemento por una de agua y una presión de 4 Kg/cm2.

c) Cuando se hayan colocado todas las anclas se procederá a descubrir dentro del revestimiento de la Lumbrera, el área correspondiente a la sección del túnel; una vez descubierta esta área, se construirá una trabe de borde en todo el perímetro del túnel.

Habiendo realizado lo anterior y una vez descubierto en la lumbrera la sección del túnel se iniciará el ciclo de trabajo, el cual comprende las actividades enumeradas a continuación.

4.2 CICLO DE TRABAJO

4.2.1 Excavación y Construcción del Túnel de Unión.

En la excavación del Túnel de Unión se tiene definidas cinco zonas:

a) Túnel de Unión en la intersección con Túnel de Distribución poniente (Contratúnel o Túnel " H ").

b) Túnel de Unión antes de la intersección con el Túnel de Andén (Túnel " K ").

c) Túnel de Unión en la intersección con el Túnel de Andén, (Túnel " K ").

d) Túnel de Unión después de la intersección con Túnel de Andén hasta intersección con Túneles de Distribución Ote, (Túnel " K ").

e) Túnel de Andén después de intersección de Túneles de Distribución Ote, hasta Túnel Inclinado, (Túnel "H").

En cada una de las zonas mencionadas anteriormente deberá respetarse la secuencia constructiva indicada a continuación:

a) Túnel de Unión en la intersección con Túneles de Distribución poniente (Contratúnel o Túnel " H ").

Primeramente se procederá a demoler los 15 cms. de recubrimiento primario de la Lumbrera en el inicio del Túnel.

Posteriormente se procederá a excavar la parte media superior (clave) formando un "banqueo" cuya longitud máxima de avance será de 2.40 m., la inclinación del frente de la excavación será de 0.10:1 y el ataque del frente se hará con martillos neumáticos.

Descubierto el tramo se deberá de colocar inmediatamente el ademe provicional de concreto lanzado de 10 cm de espesor con malla electrosoldada del tipo 6 x 6 -6/6, dejando un traslape de 2 cuadros para continuar con el ademe hasta el nivel de desplante.

Una vez realizado lo anterior se procederá a excavar y revestir provisionalmente el siguiente tramo para posteriormente excavar el banco y revestirlo también provisionalmmnte, de talmanera que la excavación en clave siempre vaya adelante una distancia igual a 2.40 M.

Después de haber terminado por completo la excavación y sección del contratúnel se procederá a colocar el revestimiento definitivo a base de acero de refuerzo y concreto lanzado, dejando con el recubrimiento primario únicamente la intersección con los túneles de distribución, cuyo procedimiento constructivo se tratará de explicar posteriormente.

La sección, armado y detalle de unión con la Lumbrera se muestran en las figuras Nos. 4.3-a y 4.4-d, respectivamente.

b) Túnel de Unión antes de la intersección con el Túnel de Andén, (Túnel "K").

Se procederá a excavar el tercio superior (Banqueo) en una longitud igual a 1.73m según se indica en las figuras Nos. 4.5 y 4.6 (ALOJAR TRABE DE BORDE).

El talud del frente de la excavación será 0.20:1 (Horizontal a Vertical) y el ataque del frente se hará con martillos neumáticos.

Descubierto este tramo se deberá de colocar inmediatamente el ademe provisional de concreto lanzado de 10 cm de espesor y posteriormente el revestimiento definitivo.

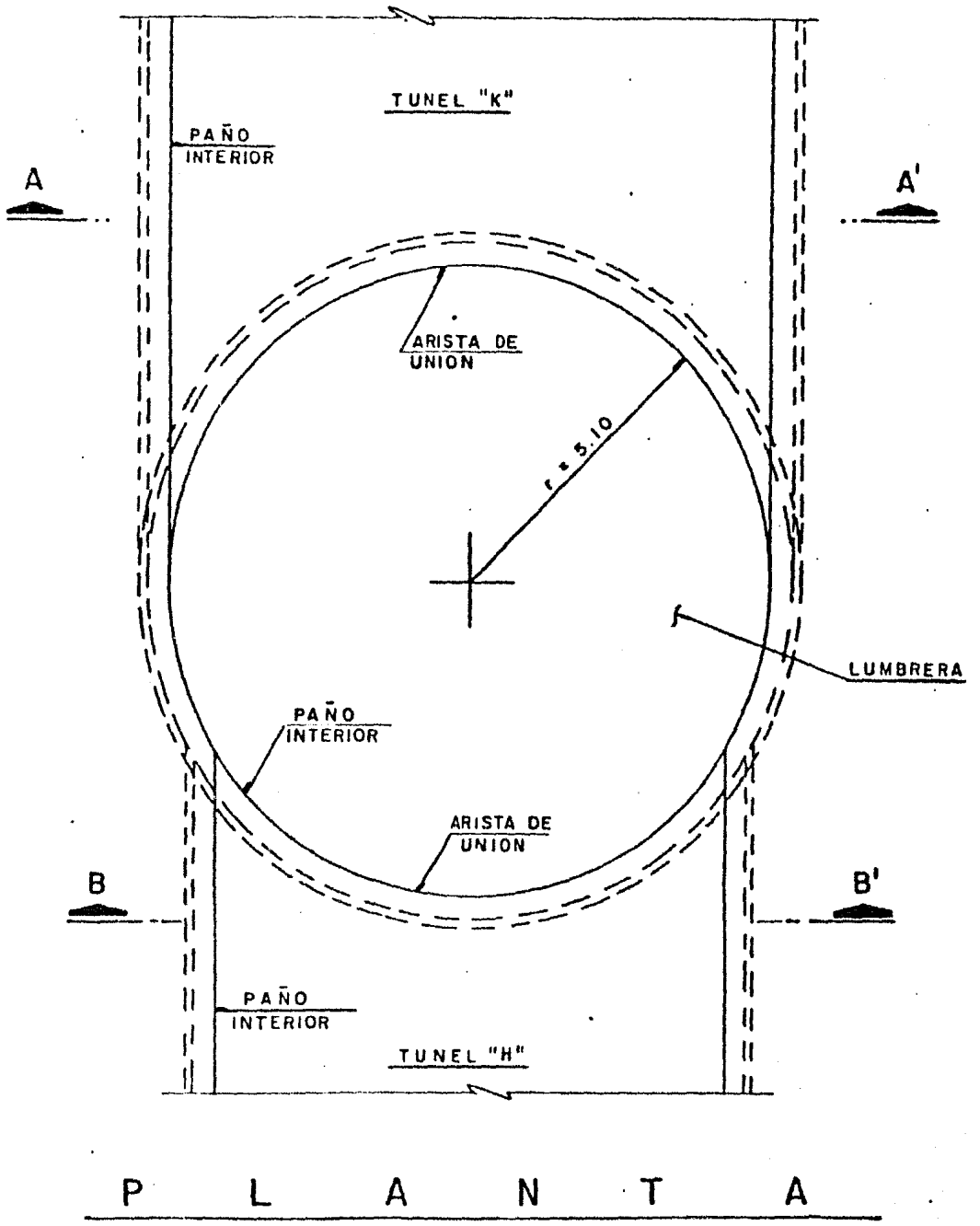
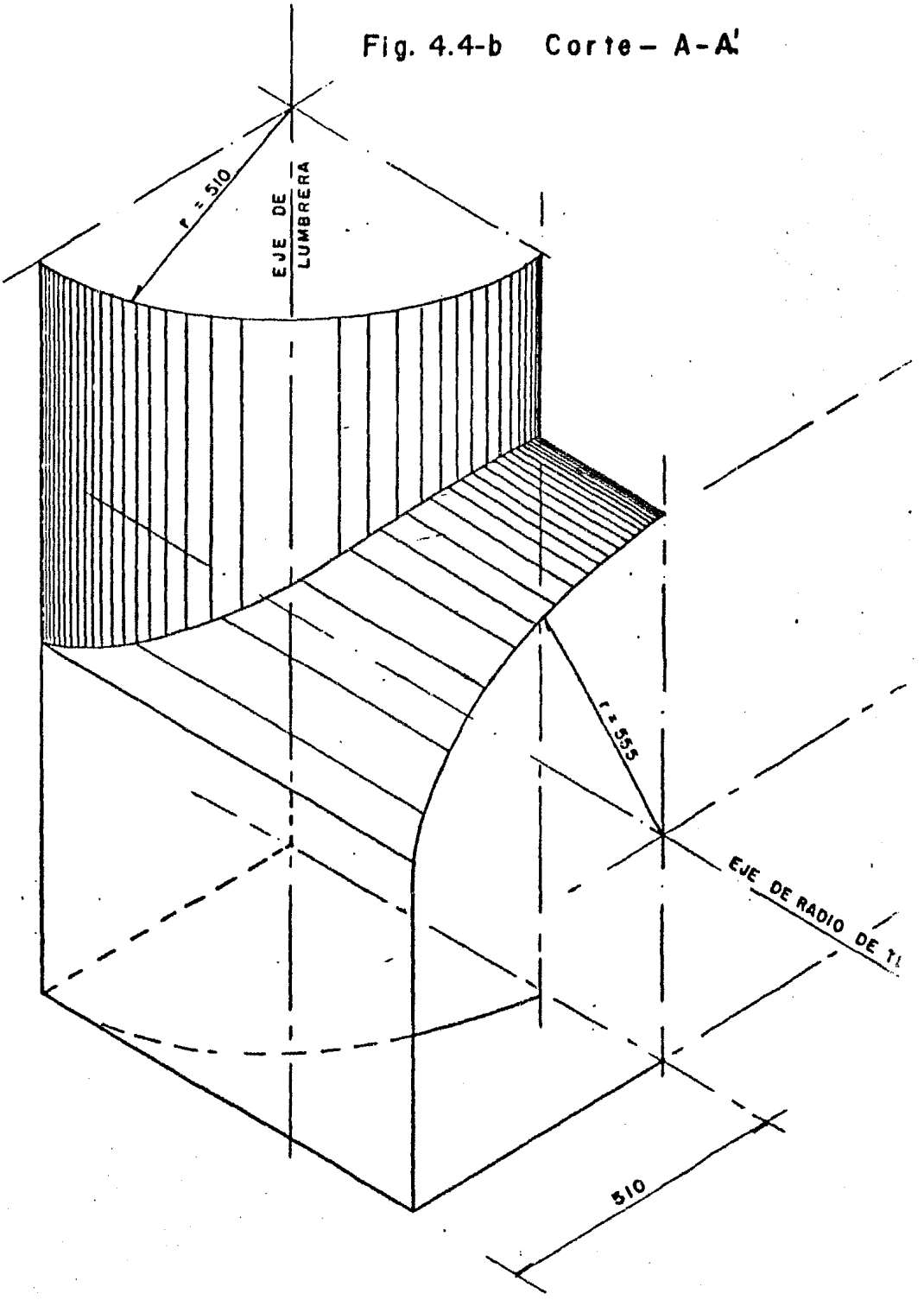


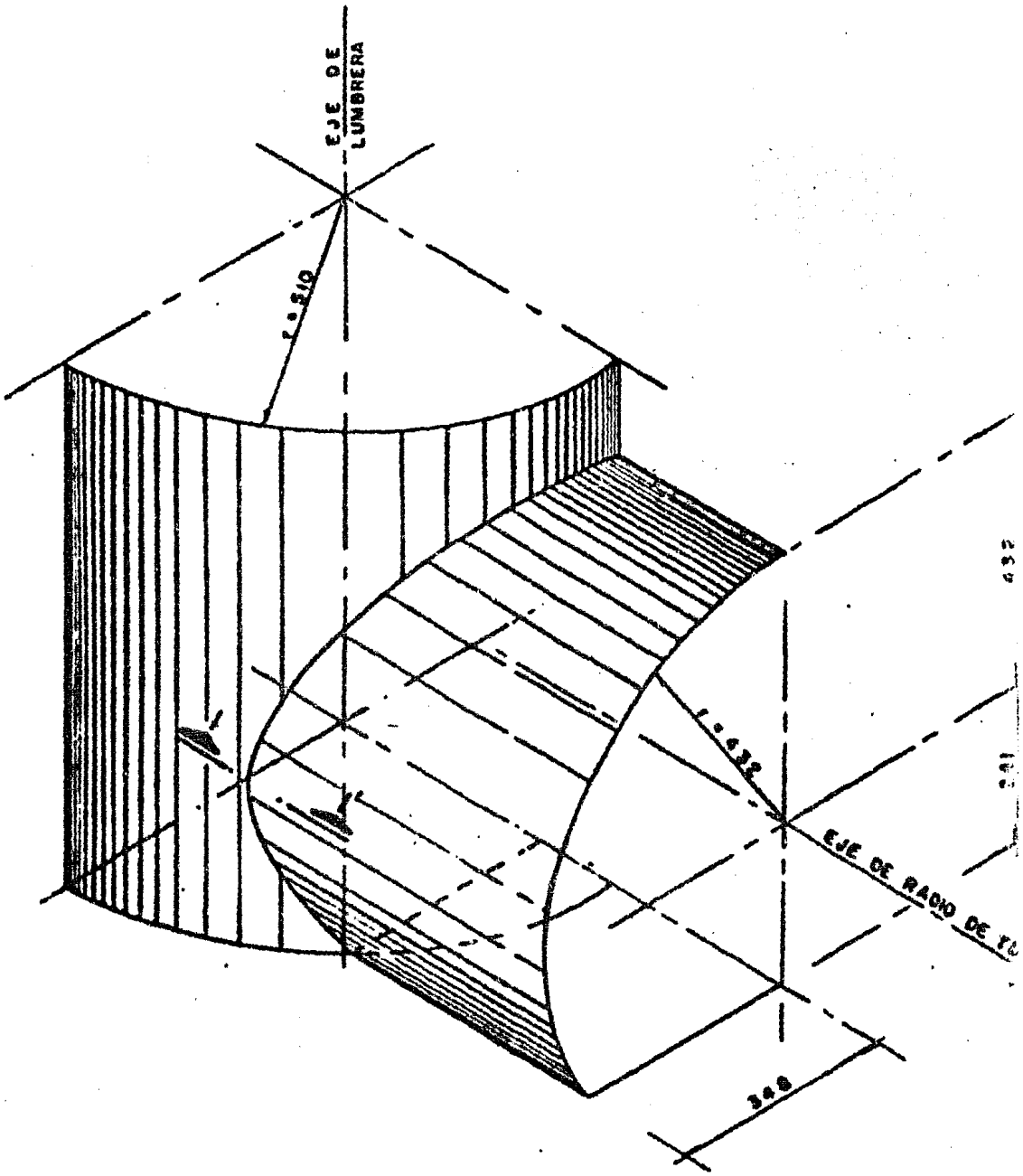
Fig. 4.4-a Unión con Lumbrera.

Fig. 4.4-b Corte – A-A'



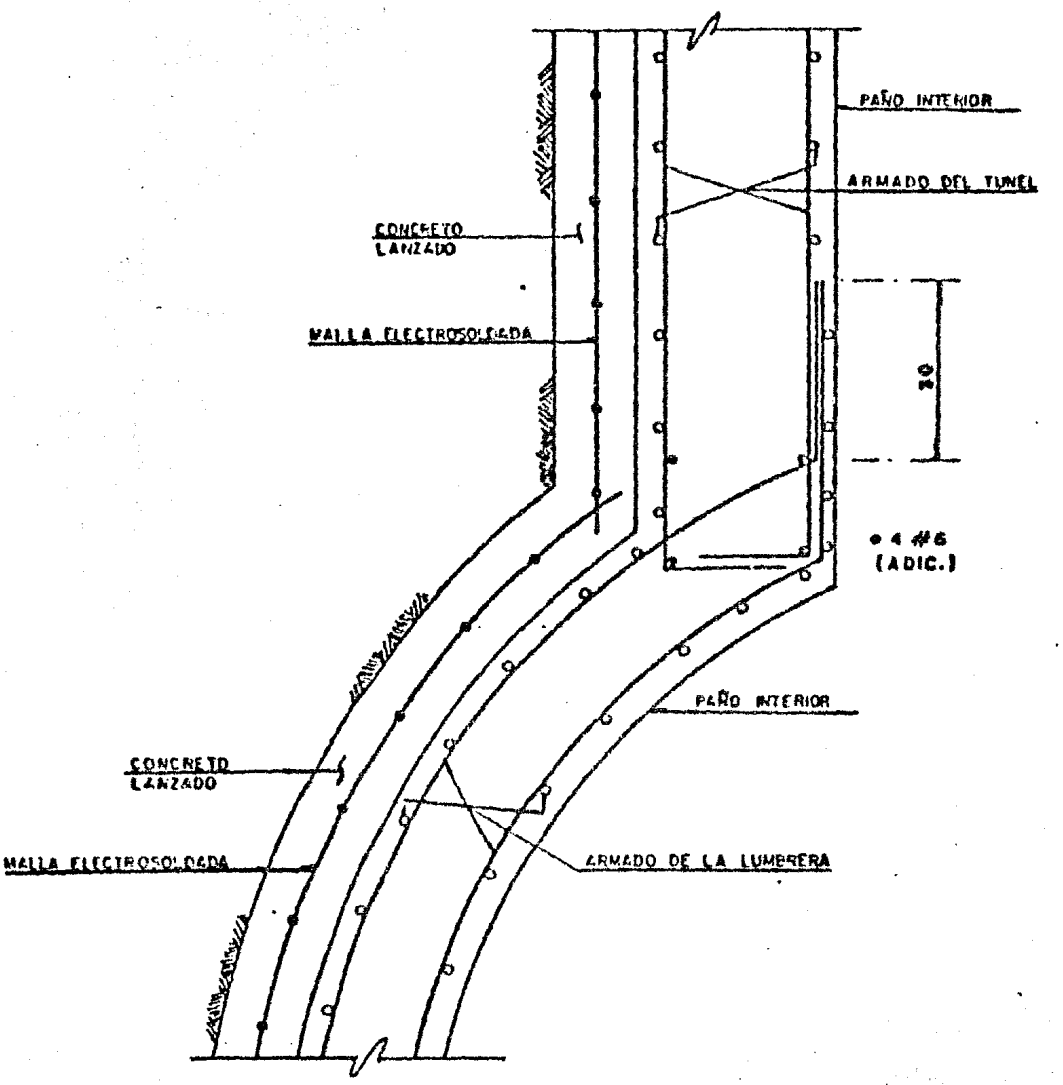
ARISTA DE UNION DE TUNEL CON LUMBRERA

(TUNEL "K")



ARISTA DE UNION DE TUNEL CON LUMBRERA
(TUNEL "H")

Fig. 4.4-c Corte – B-B'



P L A N T A

Fig. 4.4-d Detalle de corte I-I' (armado).

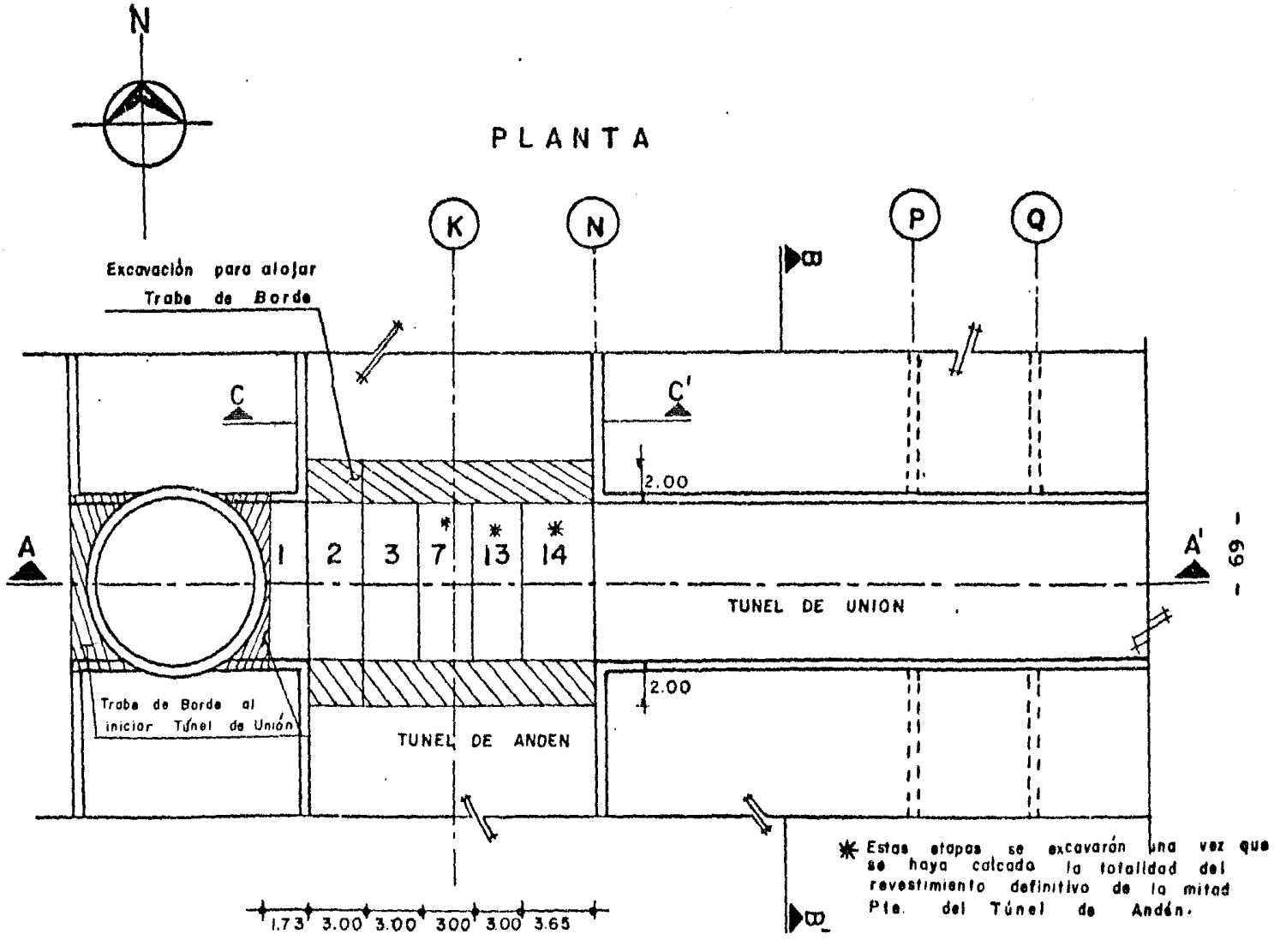


Fig. 4.5 Intersección Con Túnel de Andén.

Durante la excavación de este tramo superior se deberá sobreexcavar una muesca en la parte inferior de la sección, sobre la cual se apoyará el muro del revestimiento definitivo. Cuando se haya terminado de excavar y colocar el ademe provisional y el recubrimiento definitivo en el tercio superior, se continuará con el tercio intermedio en la misma forma como se indicó para el tercio superior en los parrafos anteriores, el cual una vez concluido se deberá continuar con el inferior en forma análoga que los anteriores; con la única diferencia de que en la parte inferior de éste no se construirá ninguna muesca, ya que el recubrimiento definitivo se apoyará directamente sobre el piso de la sección del Túnel de Unión.

c) Túnel de Unión en la Intersección con el Túnel de Andén.

Se procederá a excavar el tercio superior (Banqueo) hasta 1.00m al oriente del eje del trazo; realizando esta excavación en tres etapas de 3.00m de longitud.

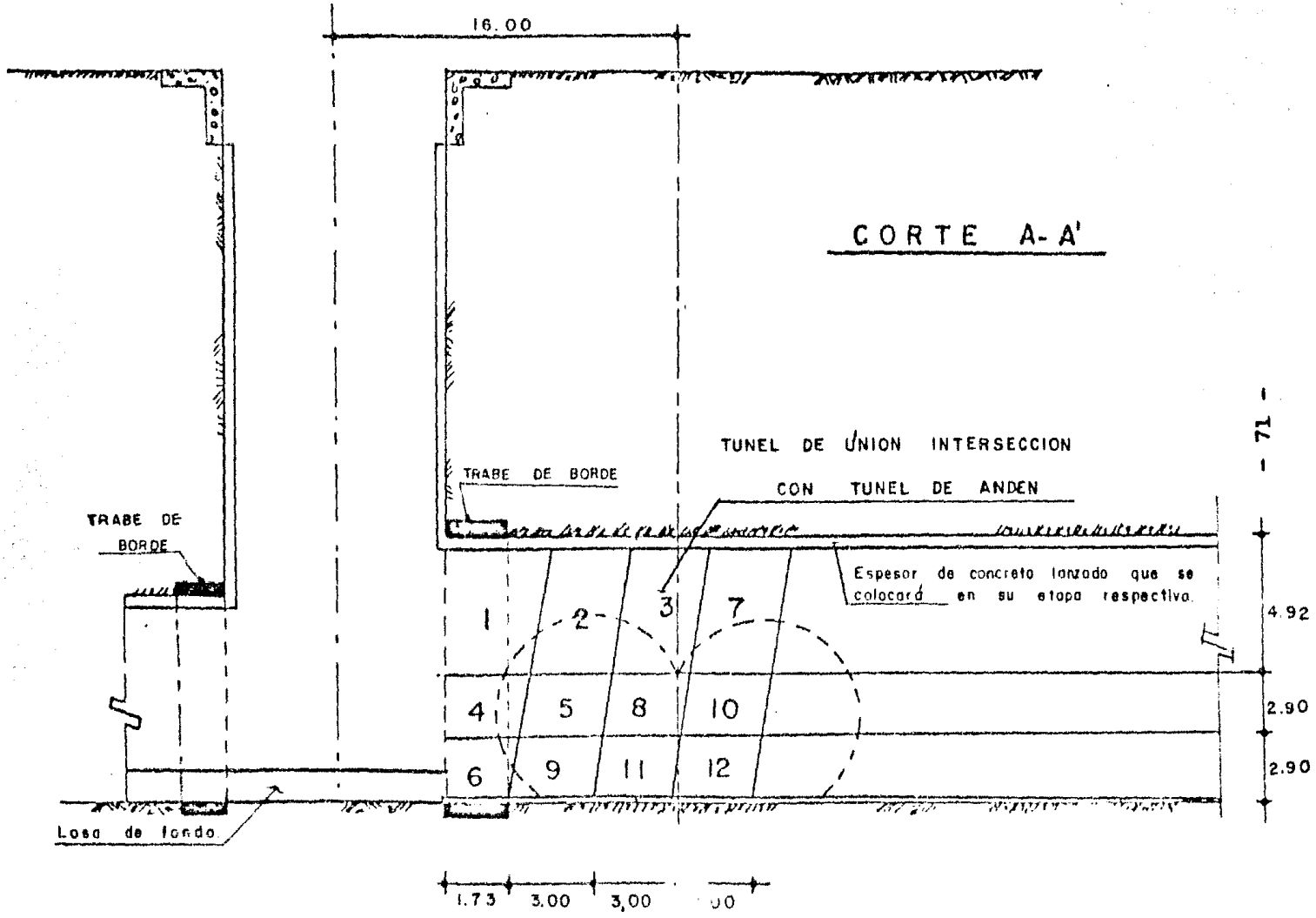
La excavación del tercio superior deberá ir dos etapas adelante de la excavación del tercio medio y cuatro adelante del tercio inferior, tal como se muestra en la figura No. 4.6 .

Como en la excavación del tercio superior correspondiente al Túnel de Unión se llega a descubrir parte del Túnel de Andén será necesario efectuar una excavación de 2.00m de ancho con la finalidad de construir la trabe de borde correspondiente a la mitad poniente del Túnel de Andén, tal como se muestra en la figura No. 4.7 . El lecho inferior de esta trabe deberá quedar fuera de la línea " A " correspondiente a la mitad poniente del Túnel de Andén de tal manera que no interfiera con el colado posterior del revestimiento definitivo de dicha sección.

Una vez construida la trabe de borde en este tercio superior deberá colocarse el revestimiento primario, anclas y revestimiento definitivo de la boveda del Túnel de Unión.

Se continuará con la excavación en banqueo del tercio medio del Túnel de Unión construyendose posteriormente la trabe de borde correspondiente a la mitad poniente del Túnel de Andén tal como se indicó el tercio superior. En las zonas donde la excavación de este tercio medio descubra la media sección del Túnel de Andén se colocará únicamente una capa de concreto lanzado de 5cm de espesor, tal como se indica en la figura citada anteriormente.

Fig. 4.6 Etapas De Excavación.



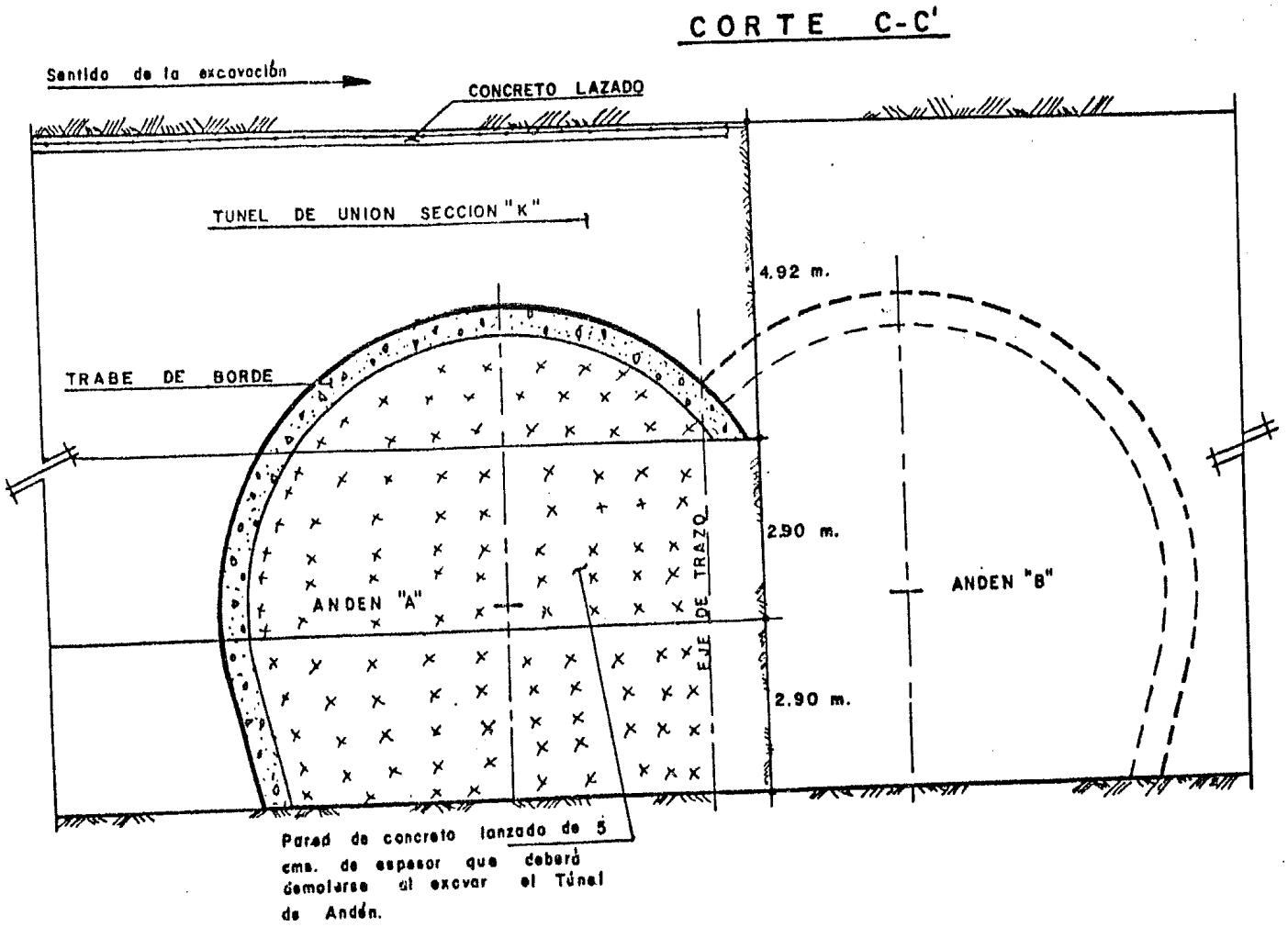


Fig. 4.7 Excavación del T. Unión en la intersección con el T. de Anden Pte.

Terminado el evento anterior se procederá a excavar el tercio inferior del Túnel de Unión y construir la parte restante de la trabe de borde correspondiente a la mitad poniente del Túnel de Andén en forma análoga a la indicada para el tercio medio. Concluida la construcción de la trabe de borde se iniciará la excavación y construcción del Túnel de Andén en su mitad poniente; el procedimiento constructivo de este Túnel se indicará posteriormente.

La continuación de la excavación y construcción del Túnel de Conexión en la intersección con el Túnel de Andén oriente de la estación auditorio, deberá realizarse de acuerdo a lo siguiente.

La excavación de la sección transversal del Túnel de Conexión se hará excavando primeramente las etapas correspondientes a la sección media superior y posteriormente las etapas correspondientes a la sección media inferior, en el orden que se indica en las figuras Nos. 4.8 y 4.9.

La excavación de la sección media superior se iniciará con las etapas I en forma simultanea, el avance se hará en tramos de 2.40m de longitud, en la excavación de las etapas I se hará una sobre-excavación con la finalidad de construir la trabe de borde del Túnel de Andén Oriente.

Terminada la excavación de cada etapa I se procederá a lanzar una capa de concreto de 3cm de espesor, en toda la superficie de la sección excepto en el frente.

Lanzada la capa de concreto de 3cm de espesor en las secciones I deberá de inmediato armarse las trabes de borde del Túnel de Andén oriente de la estación según se indica en las figuras Nos. 4.8 y 4.8-a.

Coladas las trabes de borde se revestirán las secciones I con una capa de 15cm de espesor de concreto lanzado reforzado con una malla electrosoldada de 6 x 6 - 6/6". Este colado deberá realizarse a todo lo largo y sobre la pared del túnel, comprendida entre la parte inferior de las etapas I y la clave de la misma, procurando dejar en este lugar la preparación necesaria del armado que se ligará para continuar con el revestimiento en la etapa II, tal como se indica en la figura No. 4.8. Así

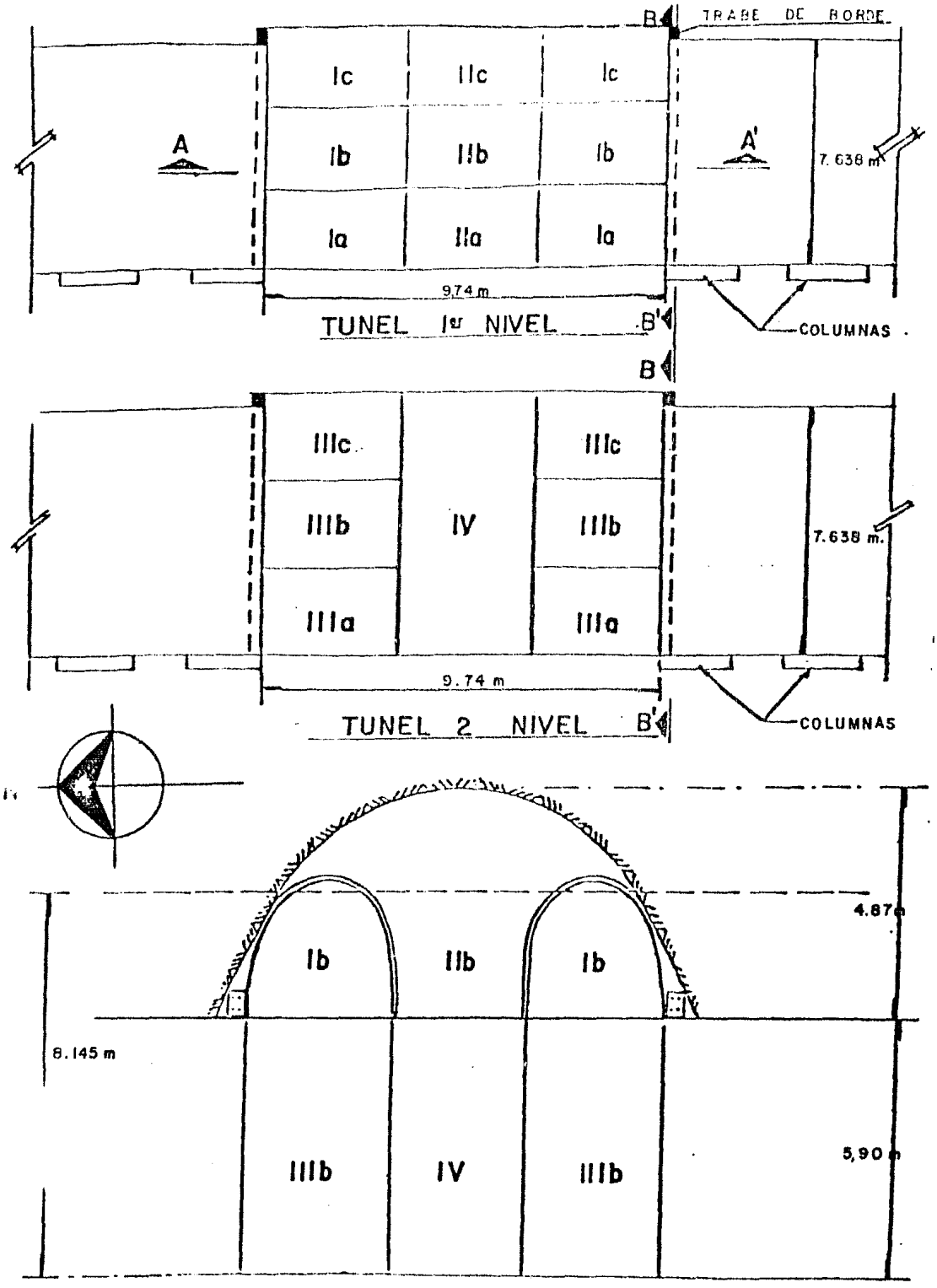


Fig. 4.8 CORTE - A-A'

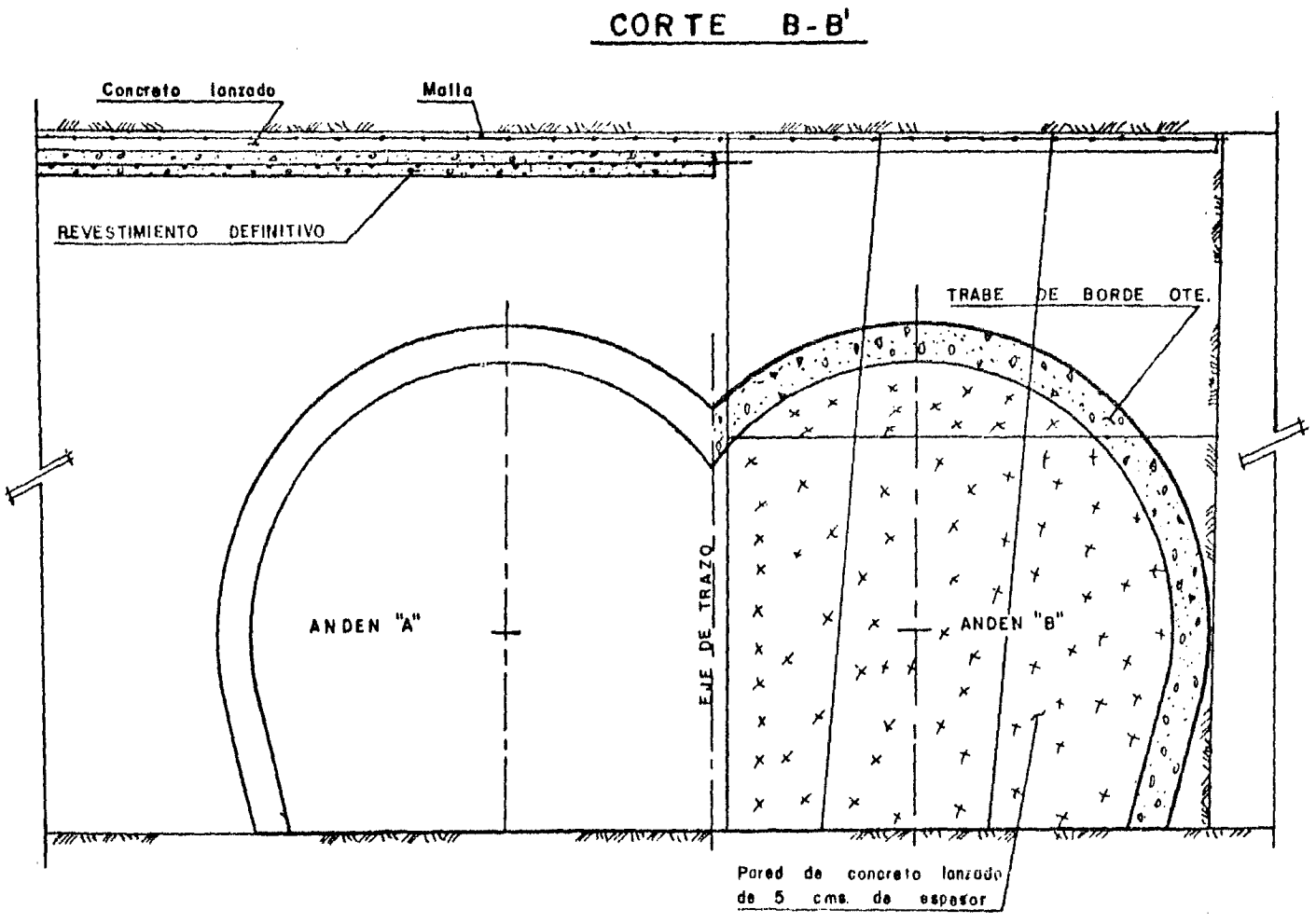


Fig. 4.9 Excavación en la intersección c el T. de Andén Oı

mismo deberán dejarse embebidos en el concreto tubos de PVC de 2" de diámetro, que permitan la instalación de las anclas en - la clave de la zona de intersección.

Terminada la excavación correspondiente a las etapas I se procederá a excavar las etapas II, cuya longitud de avance es- de 2.40m, de acuerdo a lo indicado en las figuras 4.8 y 4.9.

Una vez terminadas estas etapas II se colocará el revestimiento provisional de 15cm de espesor en toda la sección superior de tal forma que una vez que se excave la primer etapa II se coloque de inmediato el armado y se lance el revestimiento- provisional.

La excavación de la siguiente etapa II deberá iniciarse - hasta haber colocado el revestimiento de 15cm de espesor de la etapa inmediata anterior.

Colocado el revestimiento primario y las trabes de borde- de la sección media superior, deberán instalarse sobre la clave las anclas correspondientes a la zona de la intersección -- con el Túnel de Andén, se iniciará la excavación de la sección media inferior excavando las etapas III cuya longitud de avance es de 2.40m. Las paredes correspondientes al Túnel de Co--- nexión deberá revestirse inicialmente con una capa de concreto lanzado de 15cm de espesor las cuales deberán demolerse cuando se inicie la excavación del Túnel de Andén.

Al termino de la excavación de las etapas IIIc, deberán - sobre excavarse las esquinas del cruce de los Túneles de Co--- nexión y Andén, en un espacio que permita el armado y colado - del tramo inferior de la trabe de borde del Túnel de Andén --- oriente.

Después de efectuado lo anterior y como última etapa se - excavará la etapa IV de la sección media inferior, en un solo- tramo con lo cual se terminará la excavación del tramo del Túnel de Conexión correspondiente a la intersección con el Túnel de Andén Oriente.

Cuando las trabes de borde hayan alcanzado su resistencia de proyecto, se procederá a colocar el emportalamiento correspondiente a la parte norte y sur del Túnel de Andén oriente en la zona de la intersección con el Túnel de Conexión y poste---

riormente iniciar la excavación y construcción del Túnel de -- Andén oriente, cuyo proceso constructivo será indicado poste-- riormente.

d) Túnel de Unión después de la intersección con Túnel de Andén, hasta intersección con Túneles de Distribución Ote.

La excavación de la sección transversal del Túnel de Co-- nexión comprendida entre los ejes N y Q (Ver Fig. No. 2.3 y - 2.7), se hará excavando etapas de 2.40m con la secuencia que- se indica en las figuras 4.10 y 4.11.

I. Excavación y Construcción del Tercio Superior.

La excavación de las secciones del tercio superior, se -- harán en tramos de 2.40m de longitud. Durante la excavación -- del tercio superior del Túnel de Conexión se hará una sobreex- cavación local en la parte inferior de la boveda con la finali dad de construir el apoyo del revestimiento primario y defini- tivo que formará la boveda del túnel. Los detalles de este apo yo deberán verificarse en la figura No. 4.12.

Terminada la excavación de cada etapa de 2.40m de longi-- tud, del tercio superior se procederá a lanzar una primera ca- pa de concreto lanzado de 3cm de espesor, y sobre esta una ma- lla electrosoldada de 6" x 6" - 4/4, dejando las preparaciones necesarias para hacer el armado y traslape con las mallas del- tercio intermedio, posteriormente se lanzará una segunda capa- de concreto de 9cm de espesor para colocar sobre esta otra ma- lla de 6" x 6" - 4/4. Por último se hará un tercer lanzado de- concreto de 3.00cm de espesor quedando de esta manera consti-- tuido el espesor total del revestimiento primario.

Una vez excavadas dos etapas consecuticas del tercio supe rior, se procederá a colocar el armado y lanzado el revesti--- miento definitivo.

No podrá continuarse la excavación del tercio superior si no se ha construido el revestimiento definitivo en las dos eta pas inmediatas anteriores.

II. Excavación y Construcción del Tercio Intermedio

La excavación de las secciones del tercio intermedio se -

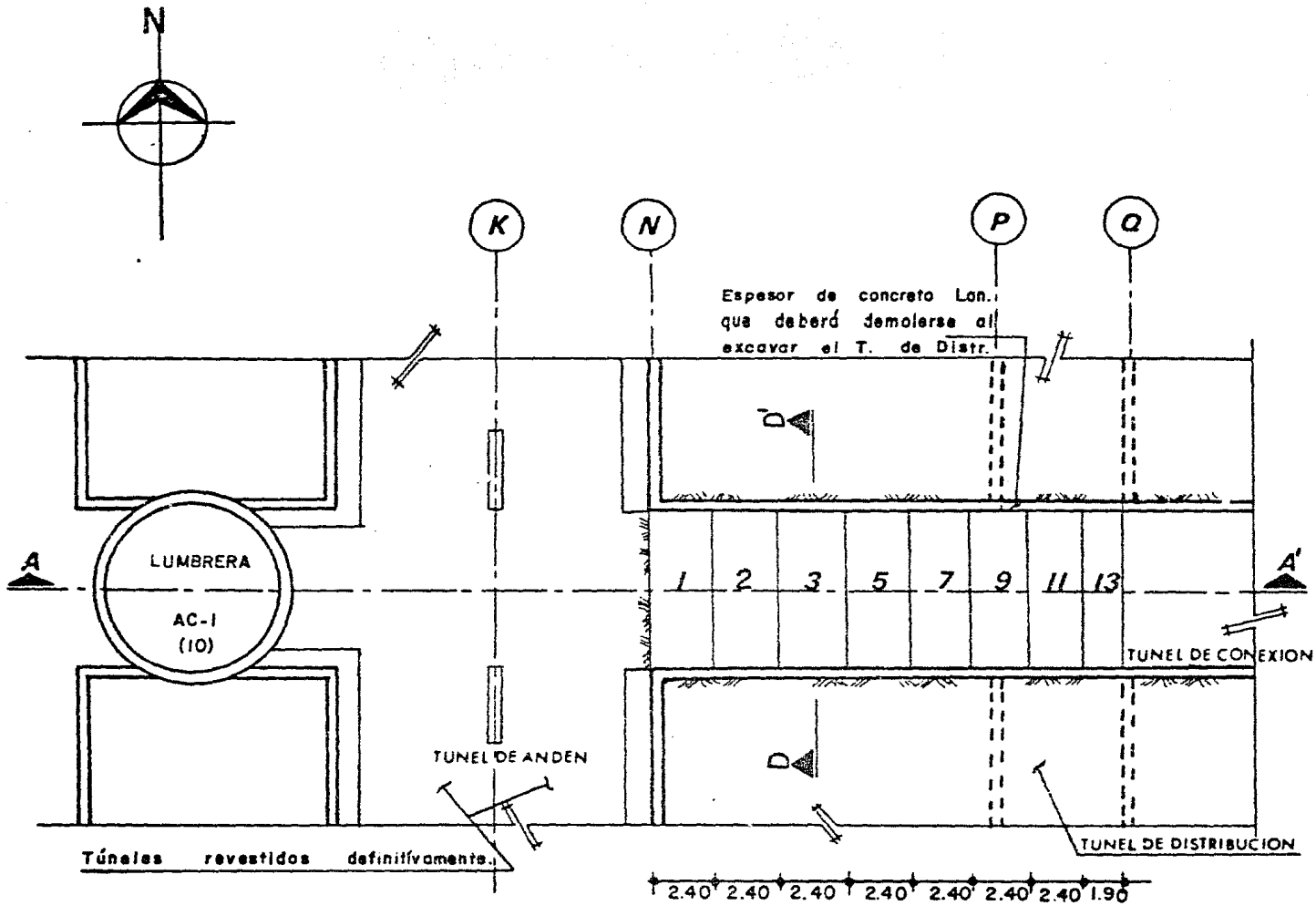


Fig. 4.10 P L A N T A

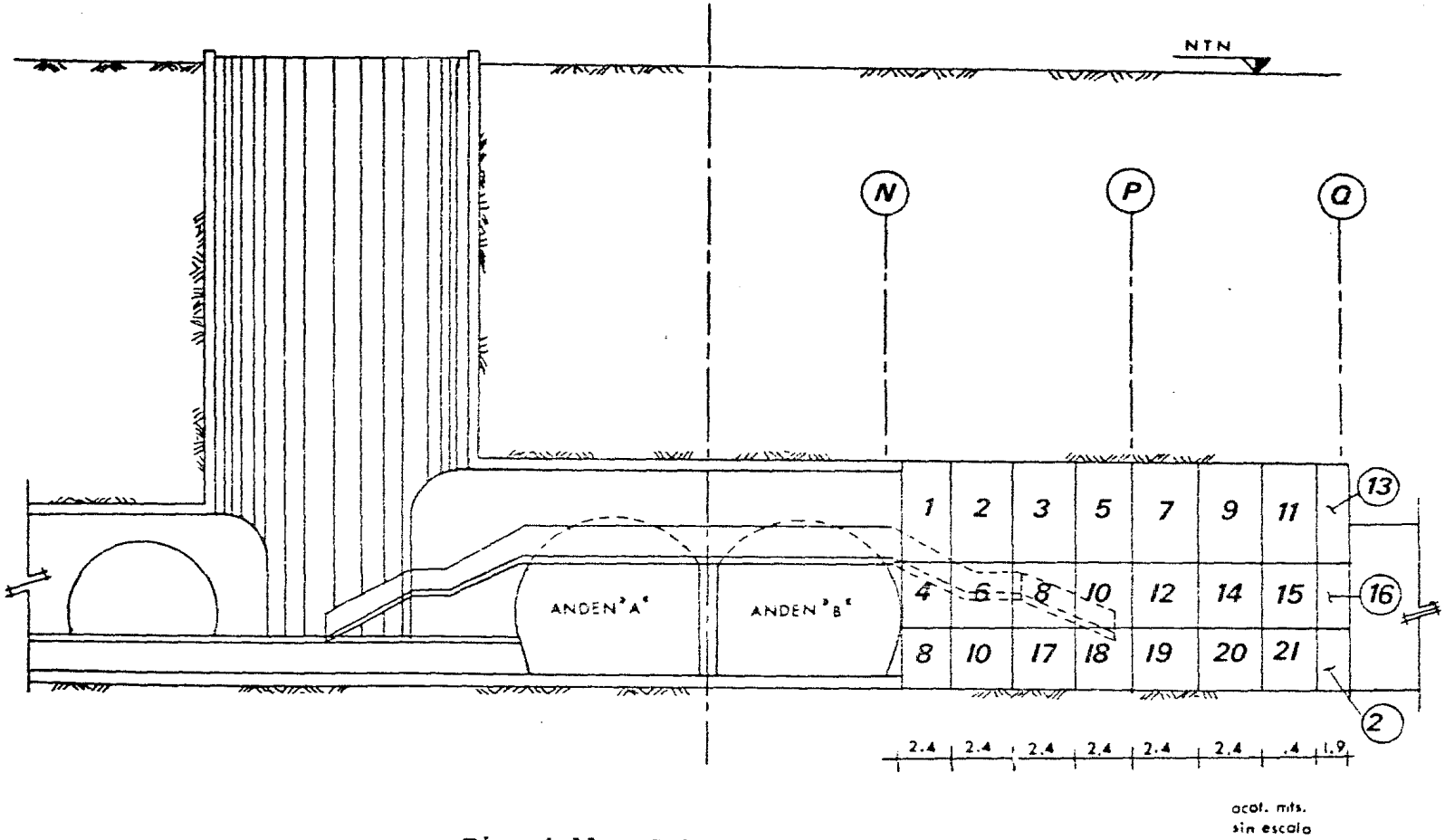


Fig. 4.11 C O R T E A - A

hará en tramos de 2.40m de longitud y podrán iniciarse cuando-- se hayan excavado tres etapas del tercio superior tal como se - muestra en la figura No. 4.11.

Terminada la excavación de cada etapa de 2.40m de longitud, del tercio intermedio se procederá a lanzar una primera capa de concreto lanzado de 3cm de espesor, y sobre esta una malla electrosoldada de 6" x 6" - 4/4, la cual se traslapará y amarrará - con la primer malla colocada en el tercio superior dejando las- preparaciones necesarias para hacer el amarre y traslape con -- las mallas del tercio inferior, posteriormente se lanzará una - segunda capa de concreto de 9cm de espesor para colocar sobre - esta otra malla de 6" x 6" - 4/4, la cual se amarrará y traslapará con la segunda malla colocada en el tercio superior en esta malla, se dejaran las preparaciones necesarias para el ama-- rre y traslape con la segunda malla del tercio inferior, por -- último, se hará un tercer lanzado de concreto de 3.0cm de espesor quedando de esta manera constituido el espesor total del revestimiento primario.

Una vez terminada la construcción del revestimiento primario en la sección del tercio medio, se procederá a instalar anclas de 6.0m de longitud y Ø = 1" en los sitios que se indican- en la figura No. 4.12 excepto en la zona que interfiere con el- Túnel de Distribución. En el sentido longitudinal, las anclas - antes mencionadas se colocarán a cada 2.00m.

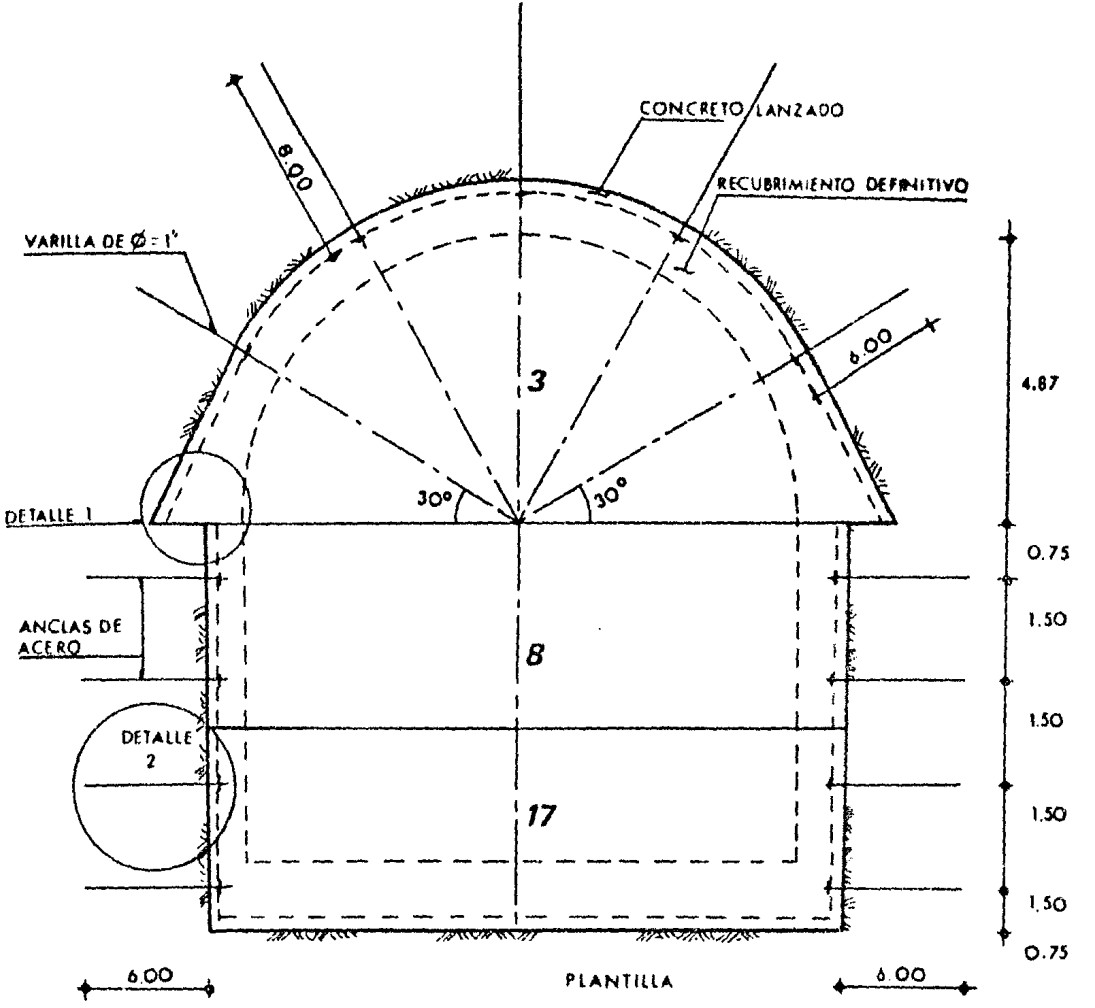
Una vez excavadas dos etapas consecutivas del tercio medio, se iniciará la construcción del revestimiento;para detalles de- éste, consultar la figura del armado, correspondiente a la sección del Túnel " K " (Fig. No. 4.3-b).

No se deberá continuar con la excavación de cualquier etapa del tercio medio si no se ha construido el revestimiento definitvo de las dos etapas inmediatas anteriores.

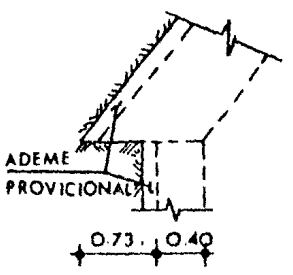
En las zonas donde el Túnel de Conexión se intersecta con- los Túneles de Distribución deberá lanzarse solamente una capa- de concreto de 8cm de espesor Reforzado con una malla de 6" x 6" - 4/4 con la finalidad de facilitar la excavación de éstos.

III. Excavación y Construcción del Tercio Inferior.

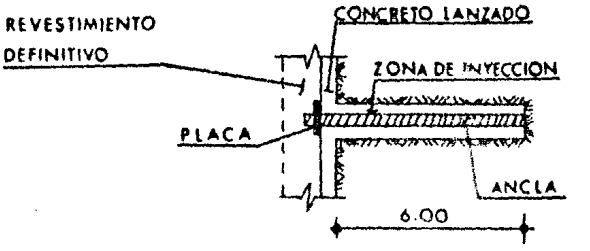
La excavación de las secciones del tercio inferior se ha--



CORTE D-D'



DETALLE 1



DETALLE 2

Fig. 4.12 A N C L A S

rán tramos de 2.40m de longitud y podrá iniciarse cuando este-revestida en forma definitiva cuando menos la mitad del tercio intermedio.

Terminada la excavación de cada etapa de 2.40m de longi--tud, de la sección inferior se procederá a lanzar una primera-capa de concreto lanzado de 3cm de espesor, y sobre esta una - malla electrosoldada de 6" x 6"- 4/4, posteriormente se lanzará una segunda capa de concreto de 9cm de espesor para colocar sobre esta otra malla igual a la anterior. Las mallas antes -- mencionadas, deberán amarrarse y traslaparse con las mallas -- correspondientes del tercio medio. Pos último se hará un ter--cer lanzado de concreto de 3.0cm de espesor quedando de esta - manera constituido el espesor total del revestimiento primario.

Una vez que se haya excavado dos etapas consecutivas del-tercio inferior se iniciará la construcción del revestimiento-definitivo para detalles del mismo consultar los planos corres pondientes del departamento de estructuras.

No se podrá continuar con la excavación de cualquier etapa del tercio inferior si no se ha construido el revestimiento definitivo de las dos etapas inmediatas anteriores.

La losa de piso correspondiente al Túnel de Conexión, se construirá por tramos de 7.20m de longitud.

En las zonas donde el Túnel de Conexión se intersecta con los Túneles de Distribución deberá lanzarse solamente una capa de concreto de 8cm de espesor reforzado con una malla de 6" x-6"- 4/4, con la finalidad de facilitar la excavación de los Tú neles de Distribución.

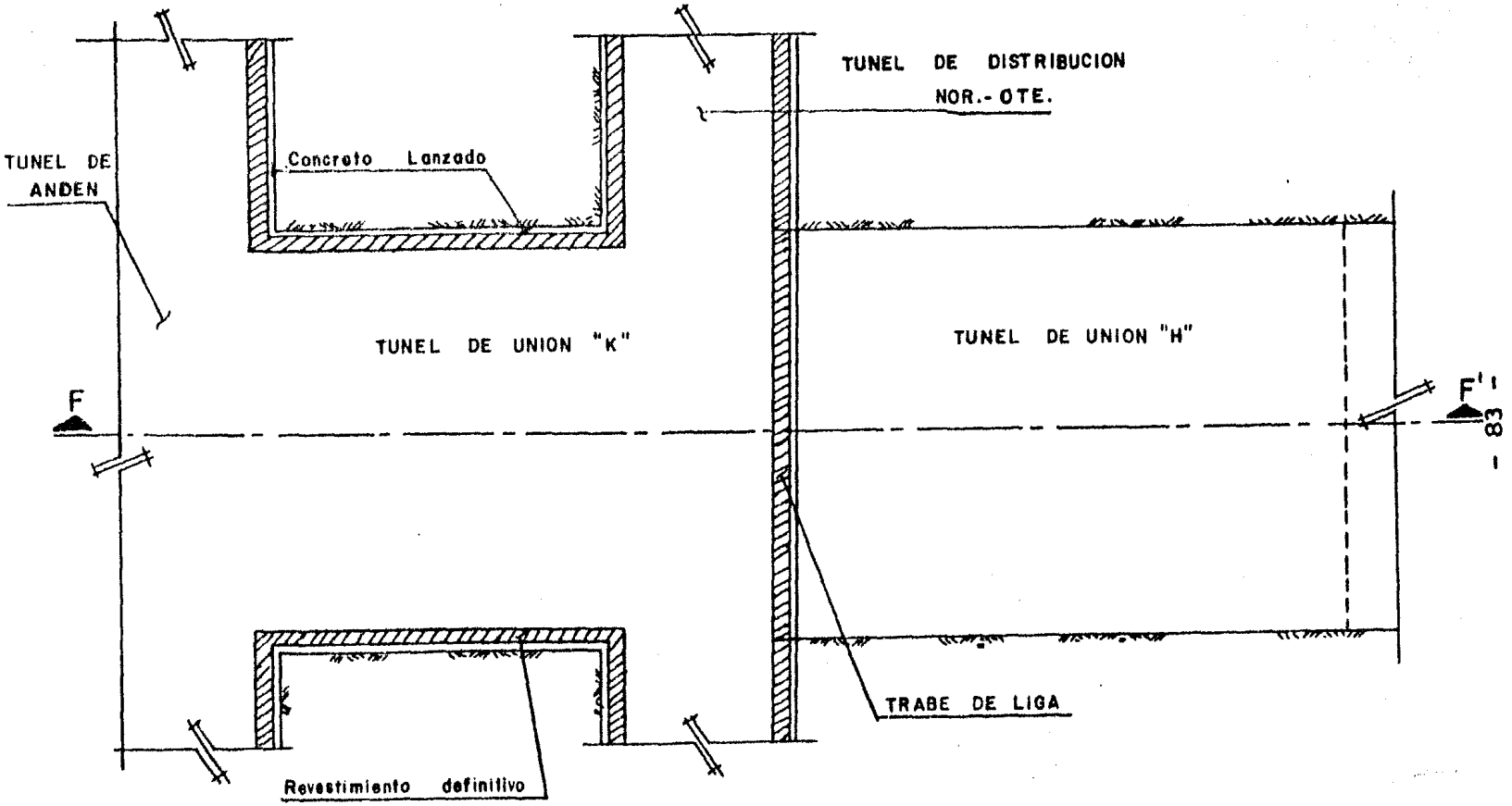
f) Después de la intersección con los Túneles de Distribu--- ción Ote., (Fig. 4.13) hasta el inicio del túnel inclinado.

La excavación de esta parte del Túnel de Unión se hará de la misma manera que como se hizo para el tramo en la intersección de los Túneles de Distribución Pte. hasta el Túnel Inclinado y tendrá la sección de la Fig. No. 4.1-a (Túnel "H").

Antes de iniciar la excavación de esta parte del Túnel de Unión será necesario colocar una trabe de liga entre el cambio de la sección del Túnel "K" y el Túnel "H" tal como se puede -

Fig. 4.13

PLANTA



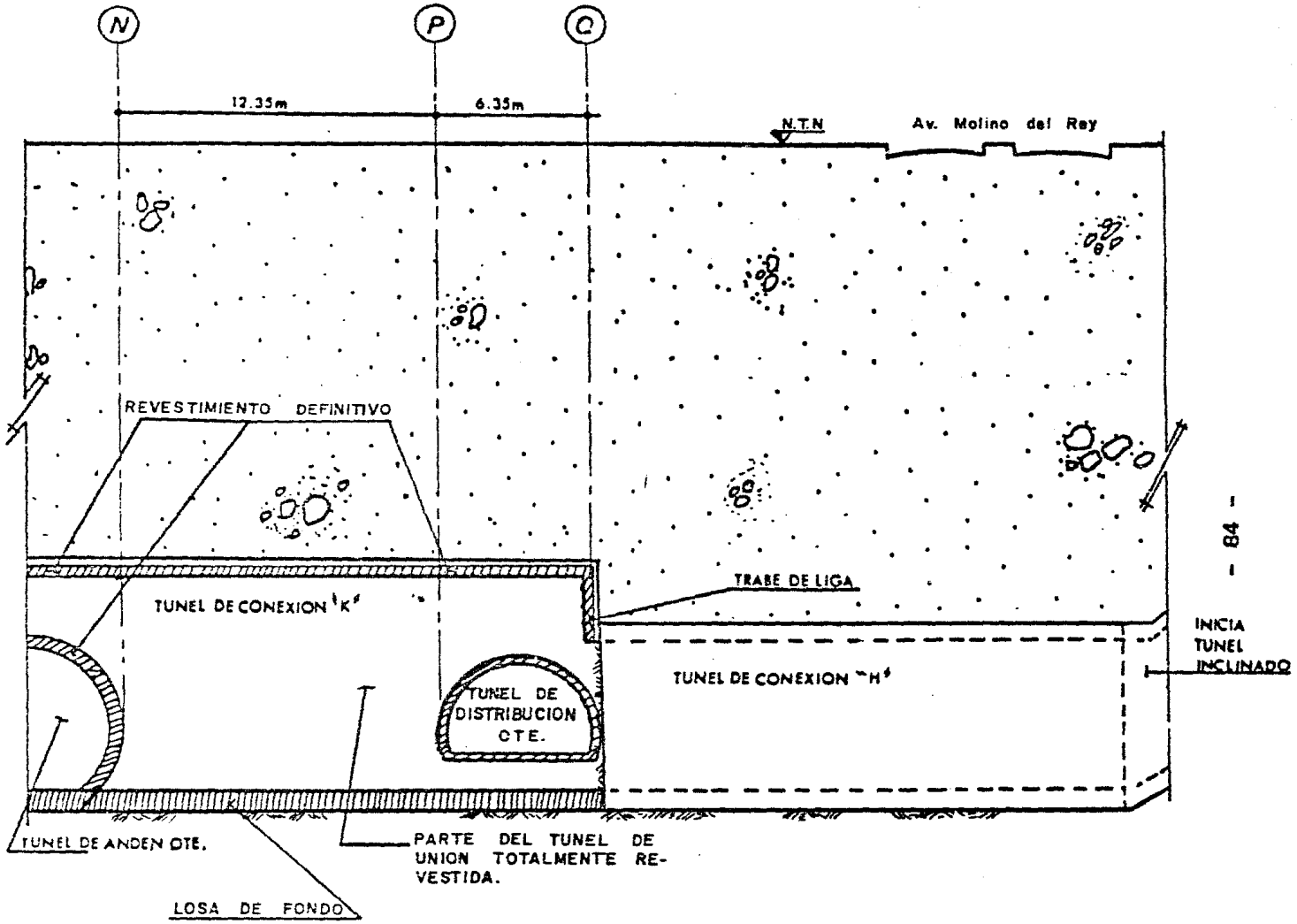
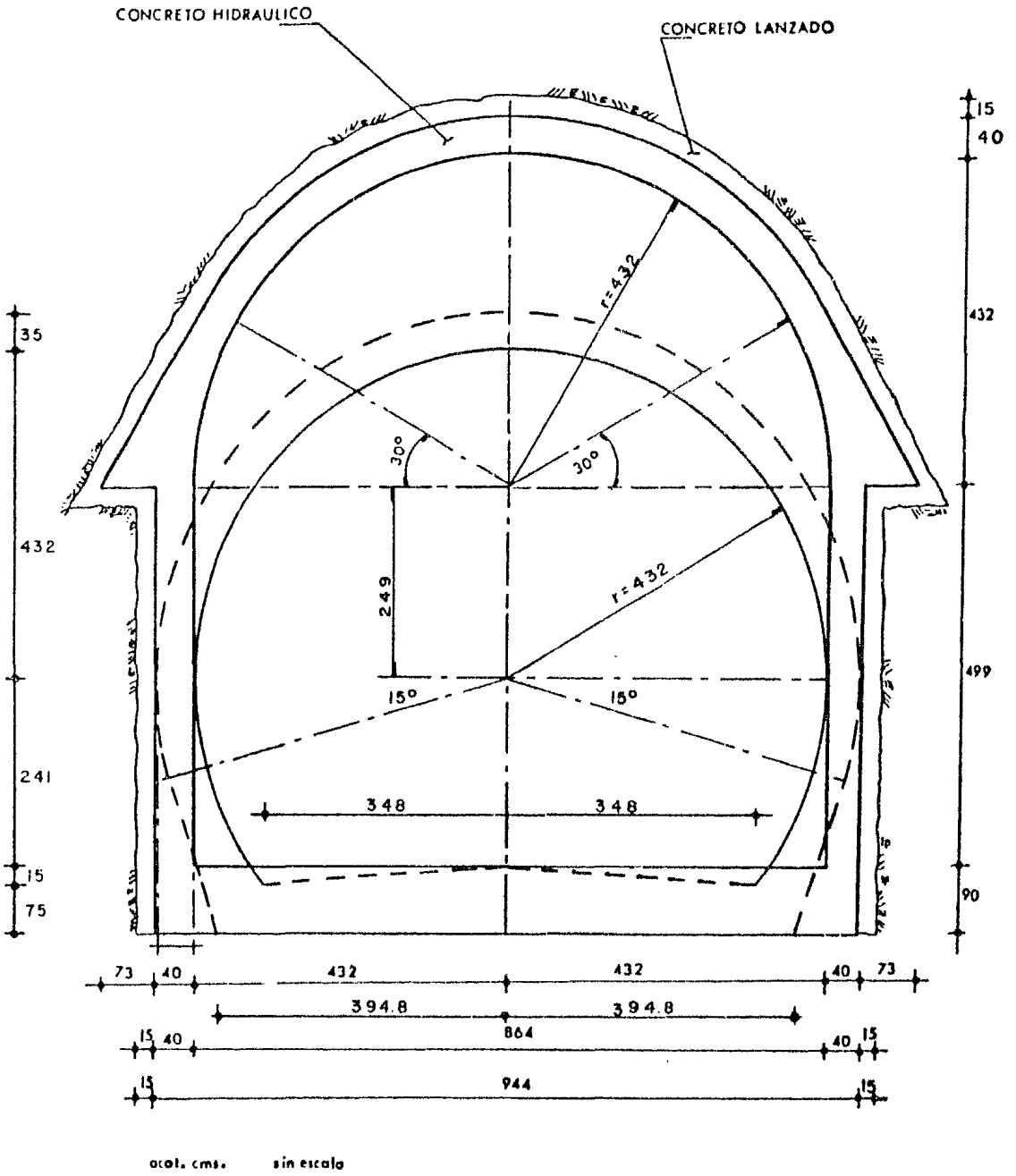


Fig. 4.14 CORTE F-F'

Fig. 4.15 Trabe de Liga.



observar en las figuras Nos. 4.14 y 4.15.

El armado de la trabe de liga se muestra en las Figs. Nos. 4.16, 4.16-A y 4.16-B.

El revestimiento definitivo de toda la longitud del Túnel de Unión, será a base de concreto lanzado, reforzado con acero según proyecto, a excepción de la losa de fondo, la cual se colocará con concreto hidráulico.

El procedimiento constructivo del Túnel de Unión se dará por terminado al llegar al inicio del Túnel inclinado Ote., cuyo proceso constructivo será parte de la construcción del Acceso Ote.

Fig. 4.16 Armado de Trabe de Liga.

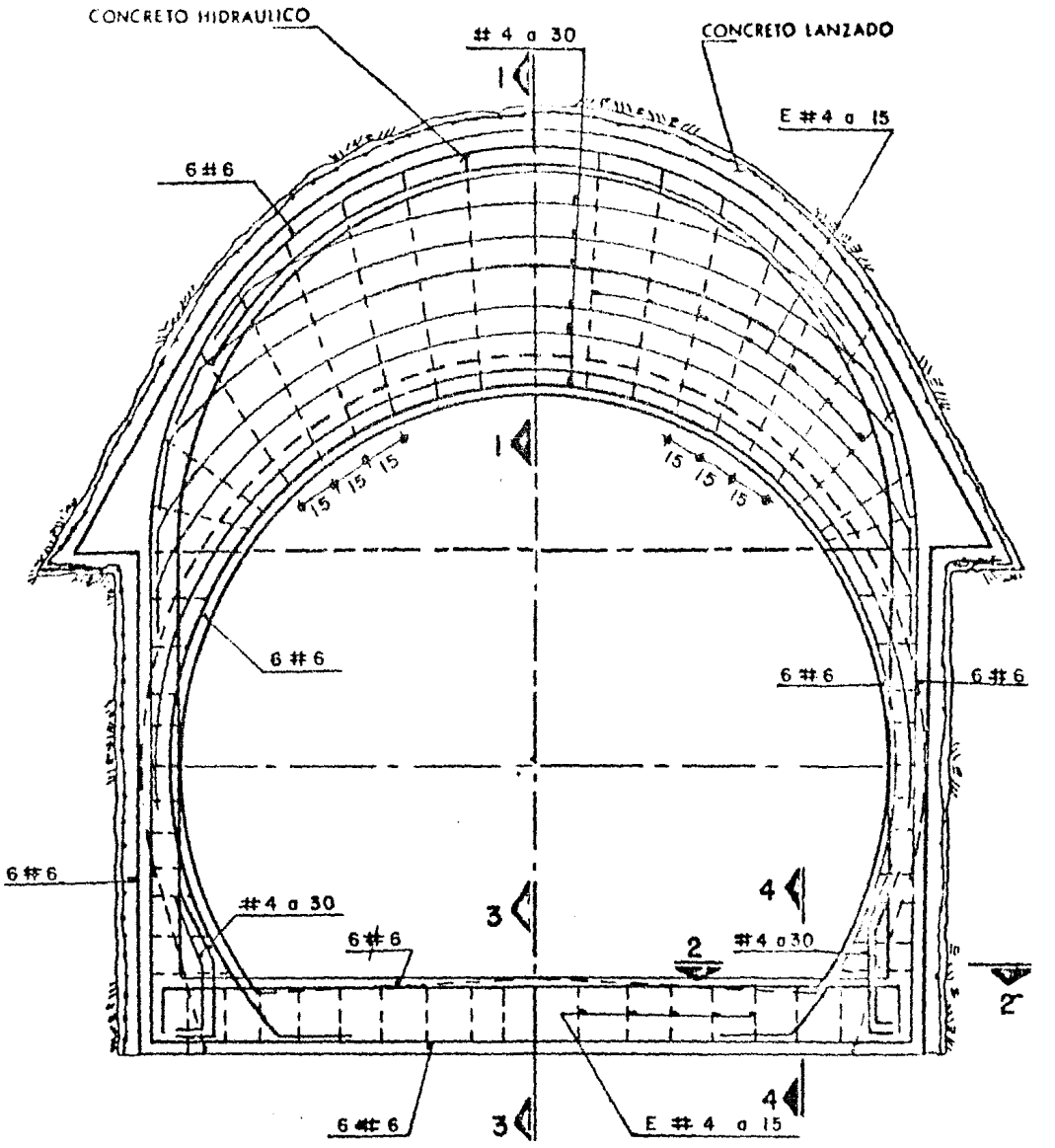
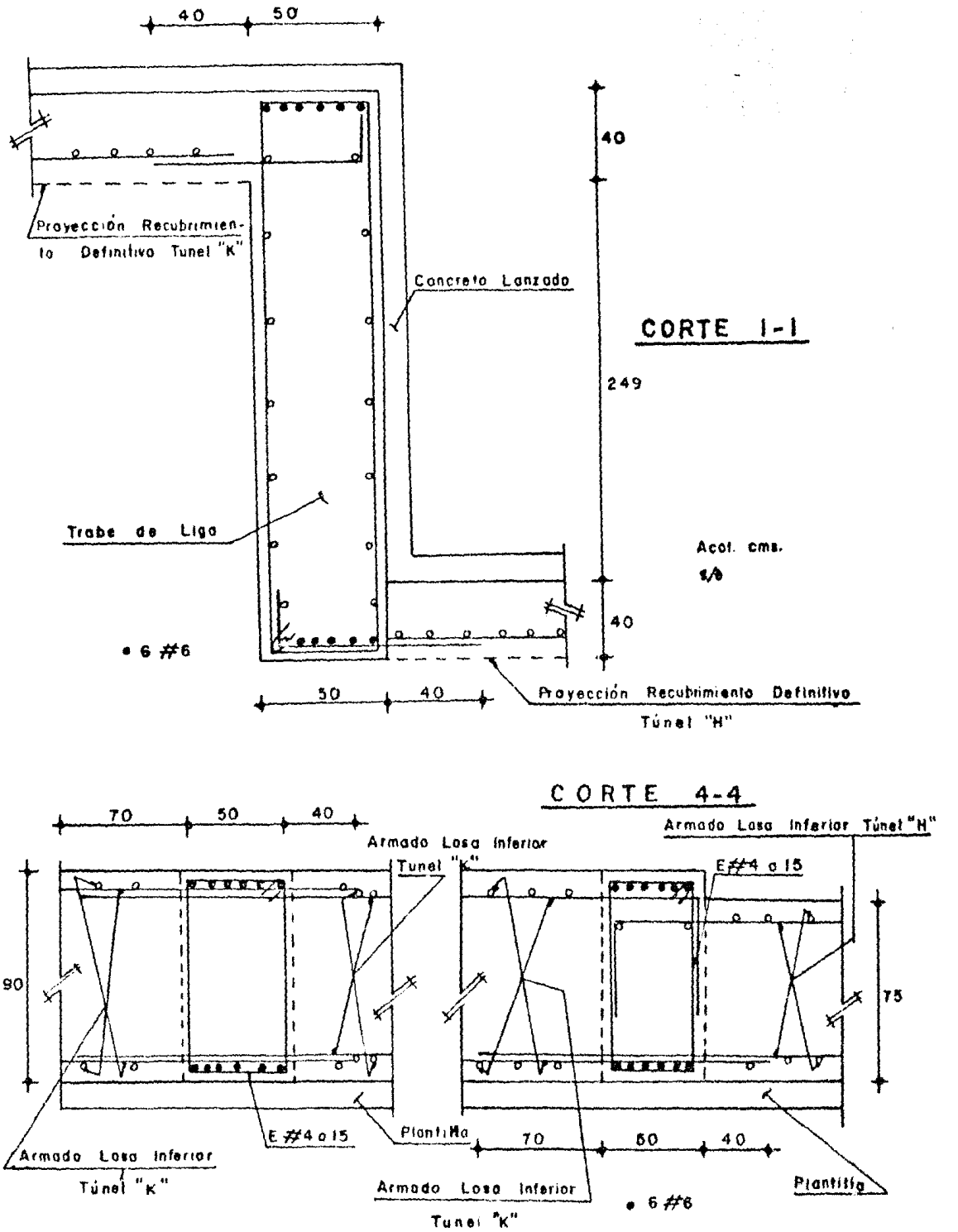


Fig. 4.16-A Cortes en Trabe de Liga.



C A P I T U L O V

TUNEL DE ANDEN

T U N E L D E A N D E N

5.1 DATOS GENERALES

La excavación y construcción del Andén en la Estación ---- " Auditorio " se realizará mediante un túnel, el cual se atacará por etapas tal como se describe a continuación:

La excavación se iniciará en la intersección con el Túnel de Unión, tal como se muestra en la figura No. 5.1-a.

El procedimiento constructivo del Túnel de Unión existente entre la lumbrera y el Túnel de Andén se indicó en el capítulo anterior.

La sección total del andén se muestra en la figura No. --- 5.1-b. Esta sección se atacará mediante dos túneles auxiliares ("A" y "B") de sección menor, tal como se indica en la figura No. 5.2. Los detalles de este proceso se describe posteriormente.

La excavación del Túnel tendrá un ademe provisional a base de concreto lanzado para proceder posteriormente a la colocación del ademe definitivo el cual estará constituido por concreto reforzado colado en el sitio.

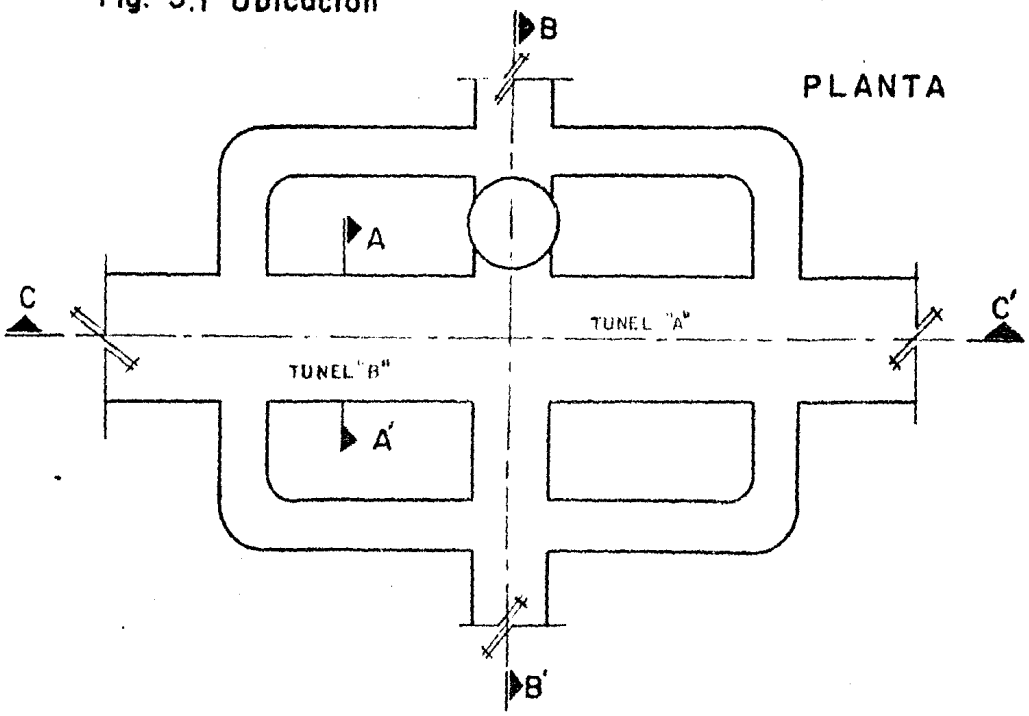
La secuencia de excavación y colocación de la estructura de soporte provisional se hará de acuerdo a los lineamientos expuestos en los parrafos siguientes.

5.2 CICLO DE TRABAJO CORRESPONDIENTE AL TUNEL "A"

A continuación se describe el ciclo de trabajo a realizar para la construcción del Túnel de Andén " A ".

Una vez que el Túnel de Unión haya interceptado con el Túnel de Andén, será necesario colocar en éste un emportalamiento de acuerdo a lo indicado en el capítulo correspondiente al Túnel de Unión en el inciso 4.1.2; colocado el emportalamiento se construirá la trabe de borde en todo el perímetro correspondiente al Túnel Auxiliar "A" y al Túnel Auxiliar "B" de 2m de ancho y con el armado que se muestra en la Fig. No. 5.2-A.

Fig. 5.1 Ubicación



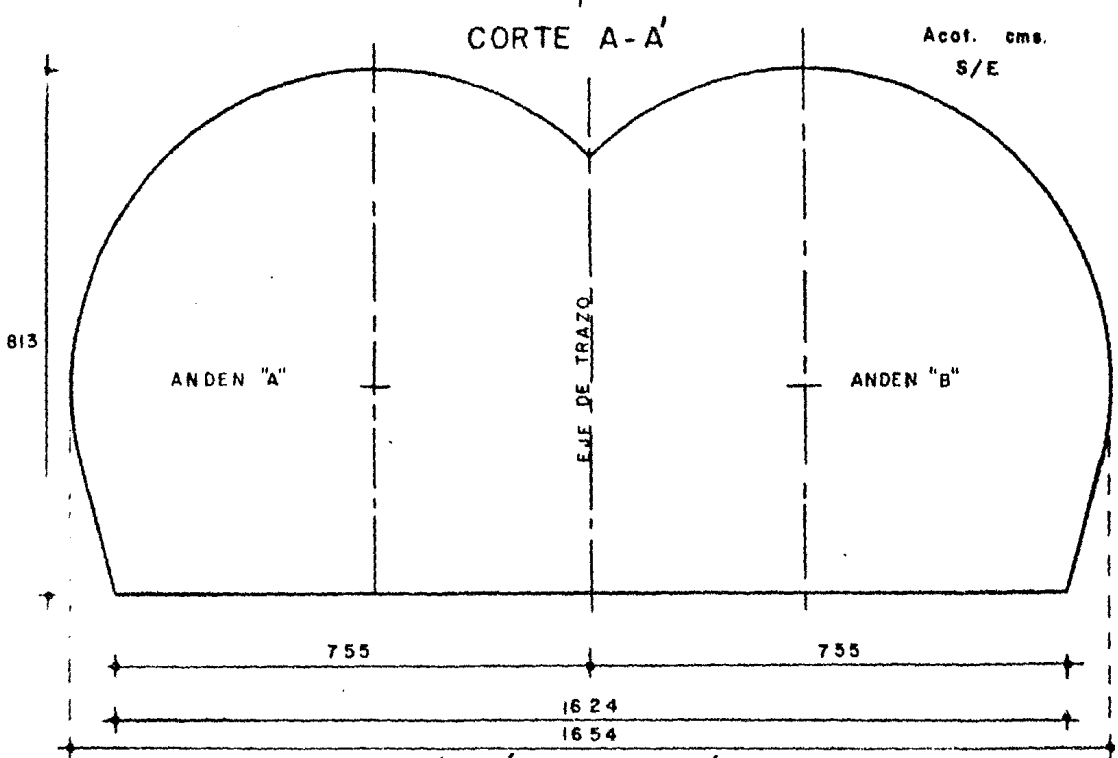
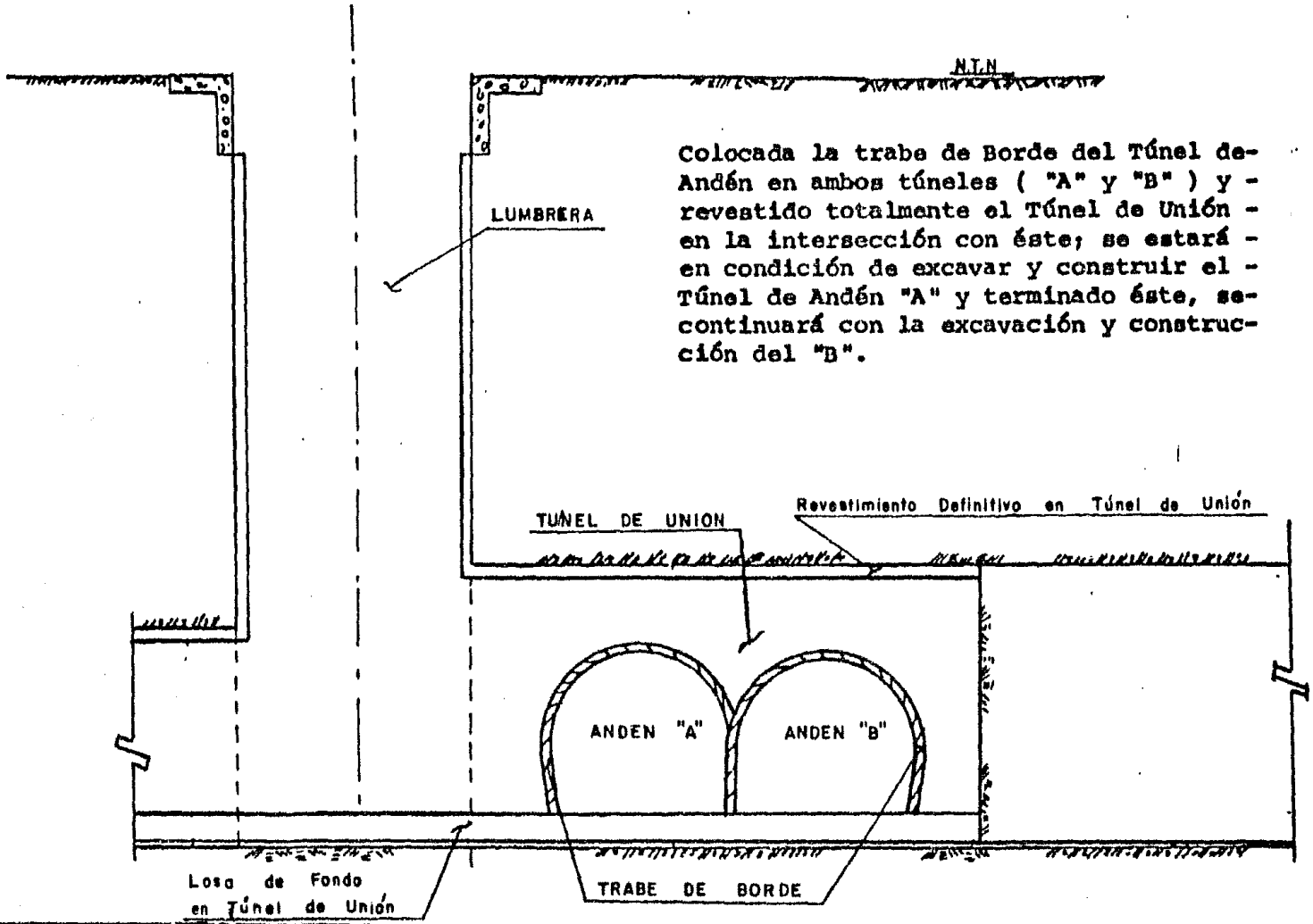


Fig. 5.1-b Sección Túnel de Andén

Fig. 5.2 Corte B-B' Túnel de Andén.



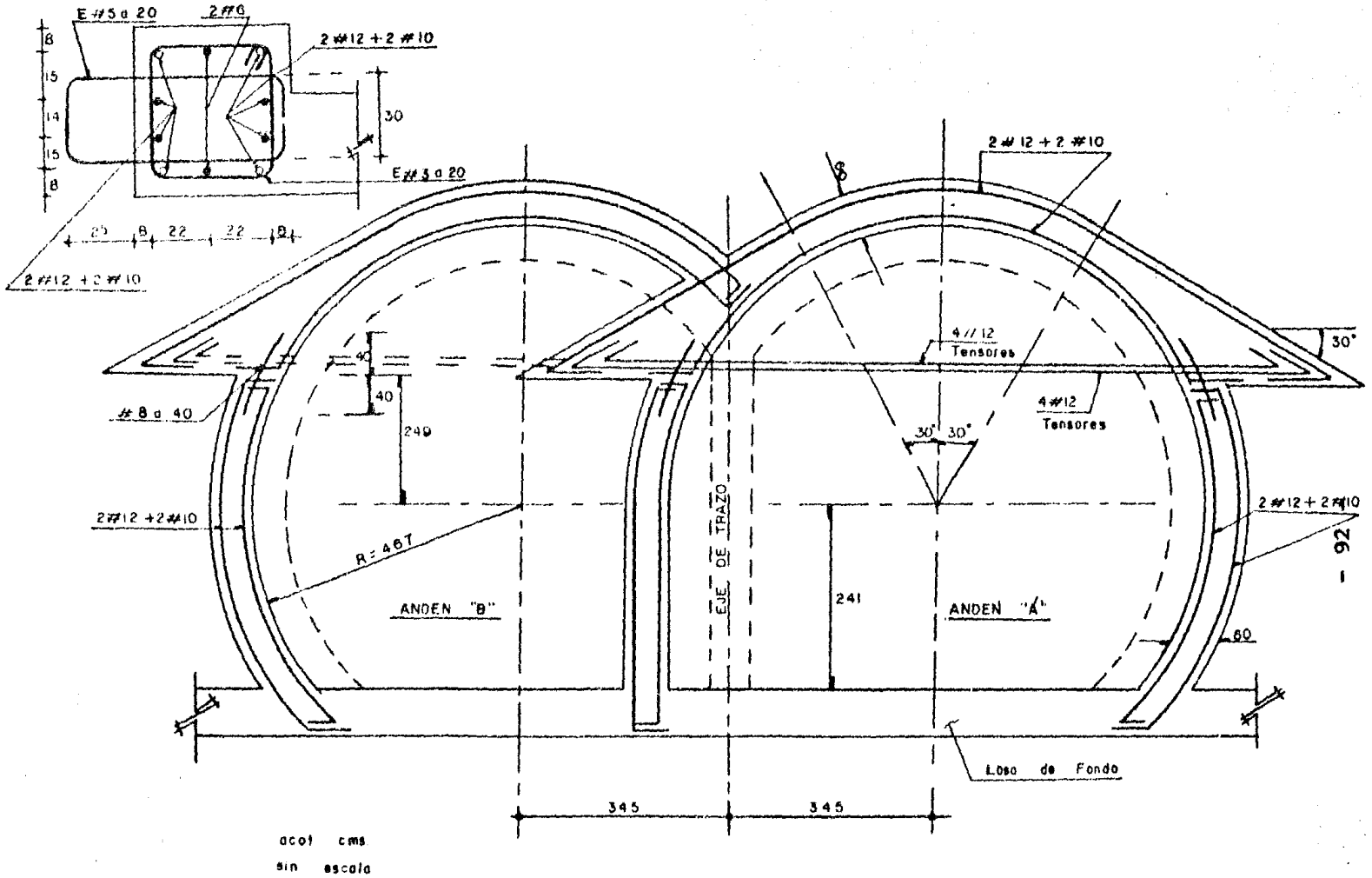


Fig. 5.2-a Armado de Trabe de Borde.

Teniendo descubierta en el Túnel de Unión la sección del - Túnel "A" se iniciará el ciclo de trabajo, el cual comprende -- las actividades enumeradas a continuación:

5.2.1 Excavación de la Sección

La excavación se iniciará en la mitad superior del frente- de ataque, siguiendo la secuencia indicada en las figuras Nos.- 5.3 a 5.5. Este ataque irá formando un "Banqueo" (Fig. No. 5.6), cuya longitud máxima de avance será de 2.0m. La inclinación del frente de la excavación será de 0.10:1 y el ataque del frente - se hará con martillos neumáticos para excavar en clave y traxca vo para "banquear", es decir, para excavar la sección inferior- ó "Banco".

5.2.2 Rezaga del Material Producto de la Excavación

Conforme se vaya atacando el frente de la excavación, el - material de rezaga se irá depositando en camiones, ya sea direc tamente a través de un cargador frontal o mediante tolva, los - que transportarán el material hasta el frente de la lumbrera de donde se izará hasta la superficie para vaciarlo en la tolva re ceptora. (Fig. No. 5.5-a).

5.2.3 Colocación del Concreto Lanzado

Esta actividad consiste en colocar el concreto en las pare des de la excavación mediante máquinas especiales llamadas lan- zadoras, las que lo aplican utilizando aire comprimido, inyecta do a la máquina y a través de una manguera y chiflón, por donde se inyecta el agua para formar la mezcla, a la que se le agre-- gan aditivos acelerantes de fraguado. Conforme se vayan descu-- briendo tramos de 2.0m de longitud en cada una de las secciones de ataque se irá colocando éste, tal como se describe a conti-- nuación (Fig. No. 5.6):

1a. ETAPA. Una vez efectuada la excavación de la parte me- dia superior se procederá a fijar contra el terreno una malla - de acero de 6 X 6-6/6.

2a. ETAPA. Terminada la fijación de la malla antes mencio- nada se colocará una primera capa de concreto lanzado de 5cm de espesor.

3a. ETAPA. Se realizará la colocación de una segunda capa- de concreto lanzado de 10cm de espesor.

4a. ETAPA. Una vez que se ha colocado el revestimiento pri

mario en la parte media superior se iniciará la excavación de la parte media inferior.

5a. ETAPA. Terminada la excavación de la parte media inferior se colocará el revestimiento primario en la forma ya indicada.

6a. ETAPA. Una vez terminada la colocación del revestimiento primario en toda la sección del Túnel "A" se estará en posibilidad de iniciar el colado de una parte del revestimiento dejando las preparaciones necesarias para efectuar la liga con el revestimiento definitivo del Túnel "B".

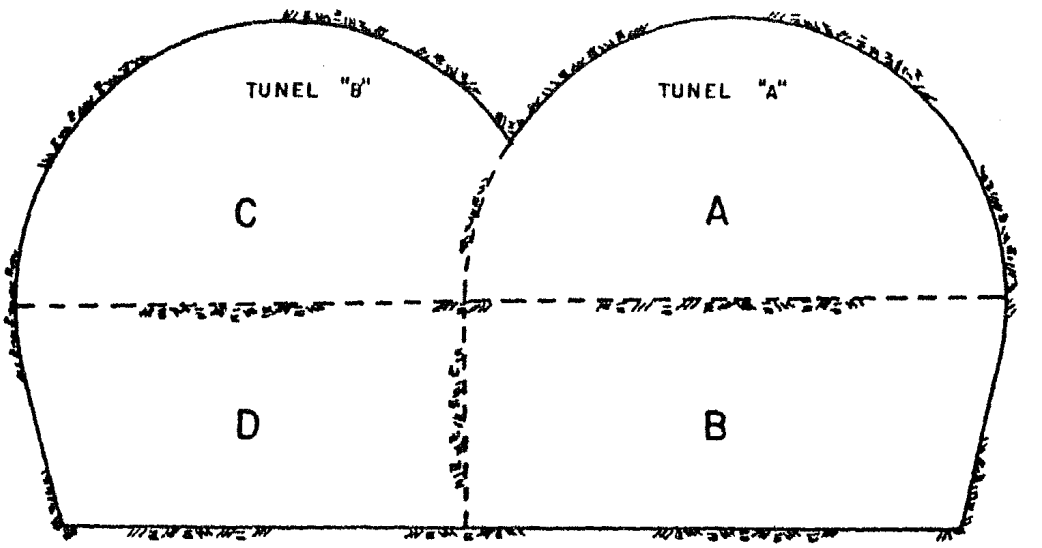


Fig. 5.3 Secuencia de Excavación.

Los Literales indican la secuencia de Excavación

5.2.4 Colocación del Revestimiento Definitivo

Una vez recubiertas las paredes del Túnel mediante concreto lanzado, se procederá al armado y colocación del concreto hidráulico, tal como se describe a continuación:

a).- Acero de Refuerzo.- El acero deberá ser habilitado correctamente (Según proyecto) en la superficie, para posteriormente suministrarlo al frente de trabajo, donde los obreros lo colocarán en la estructura que se vaya a construir, contando siempre con la supervisión adecuada.

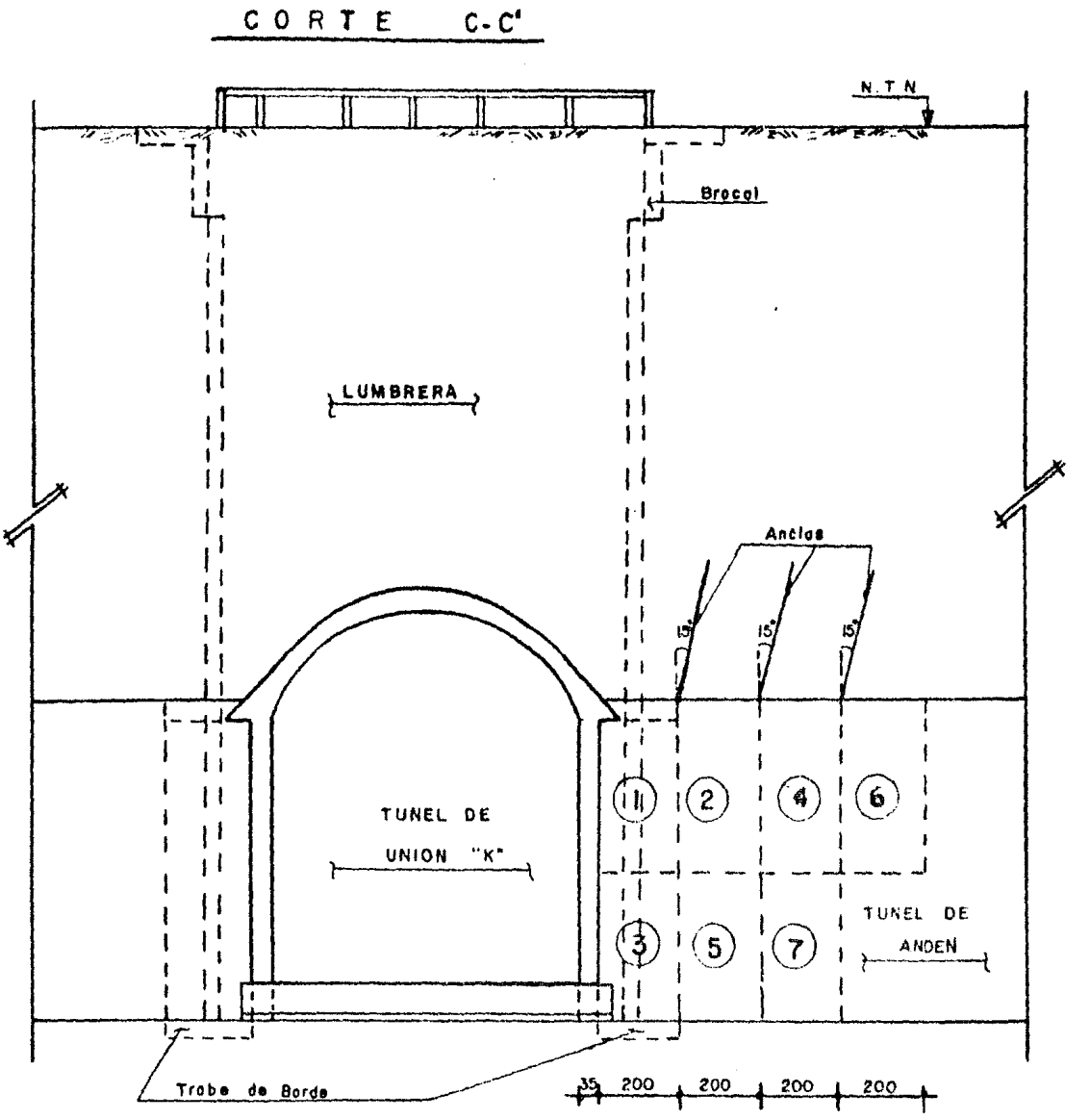
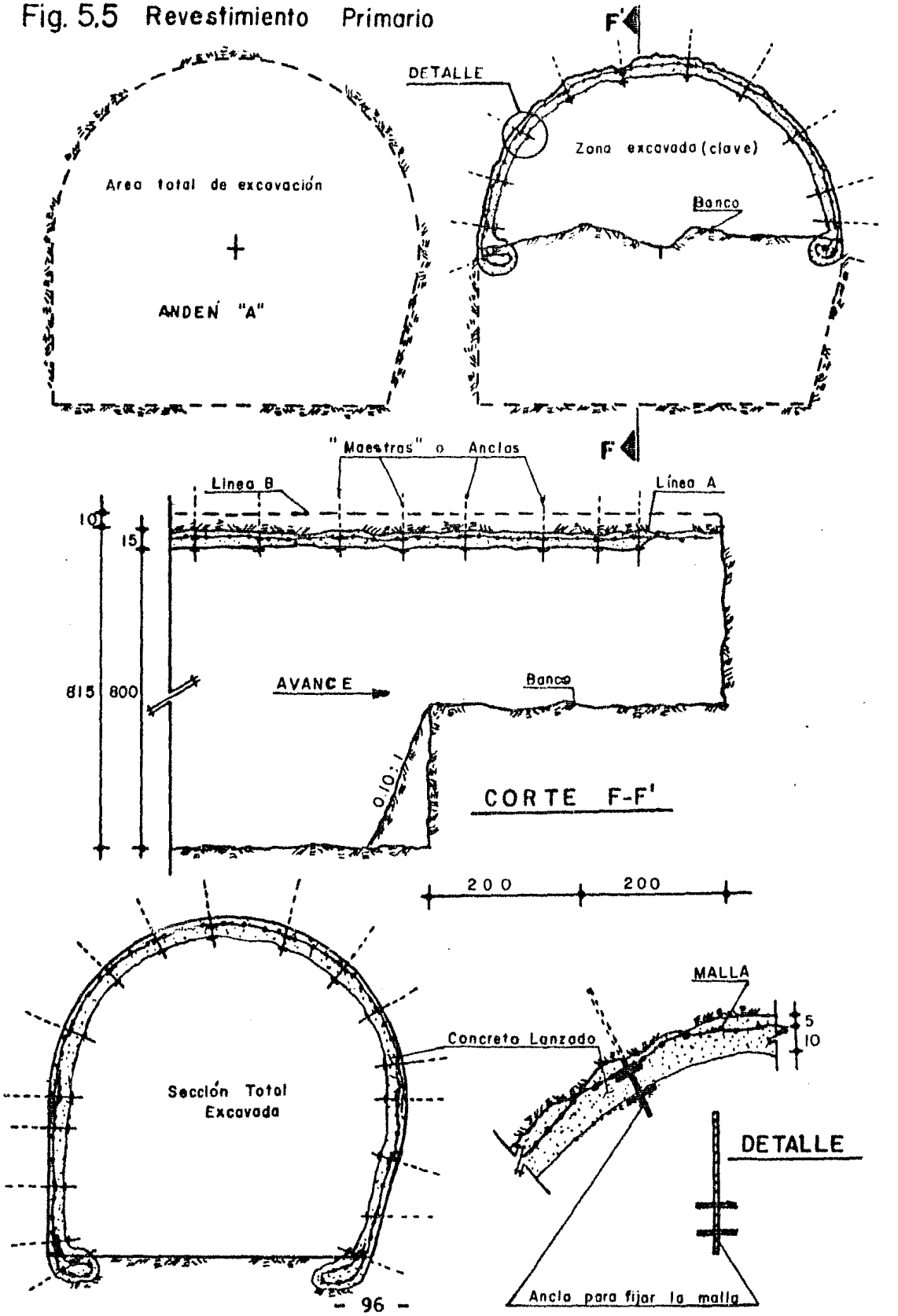


Fig. 5.4 Secuencia de excavación.

Fig. 5.5 Revestimiento Primario



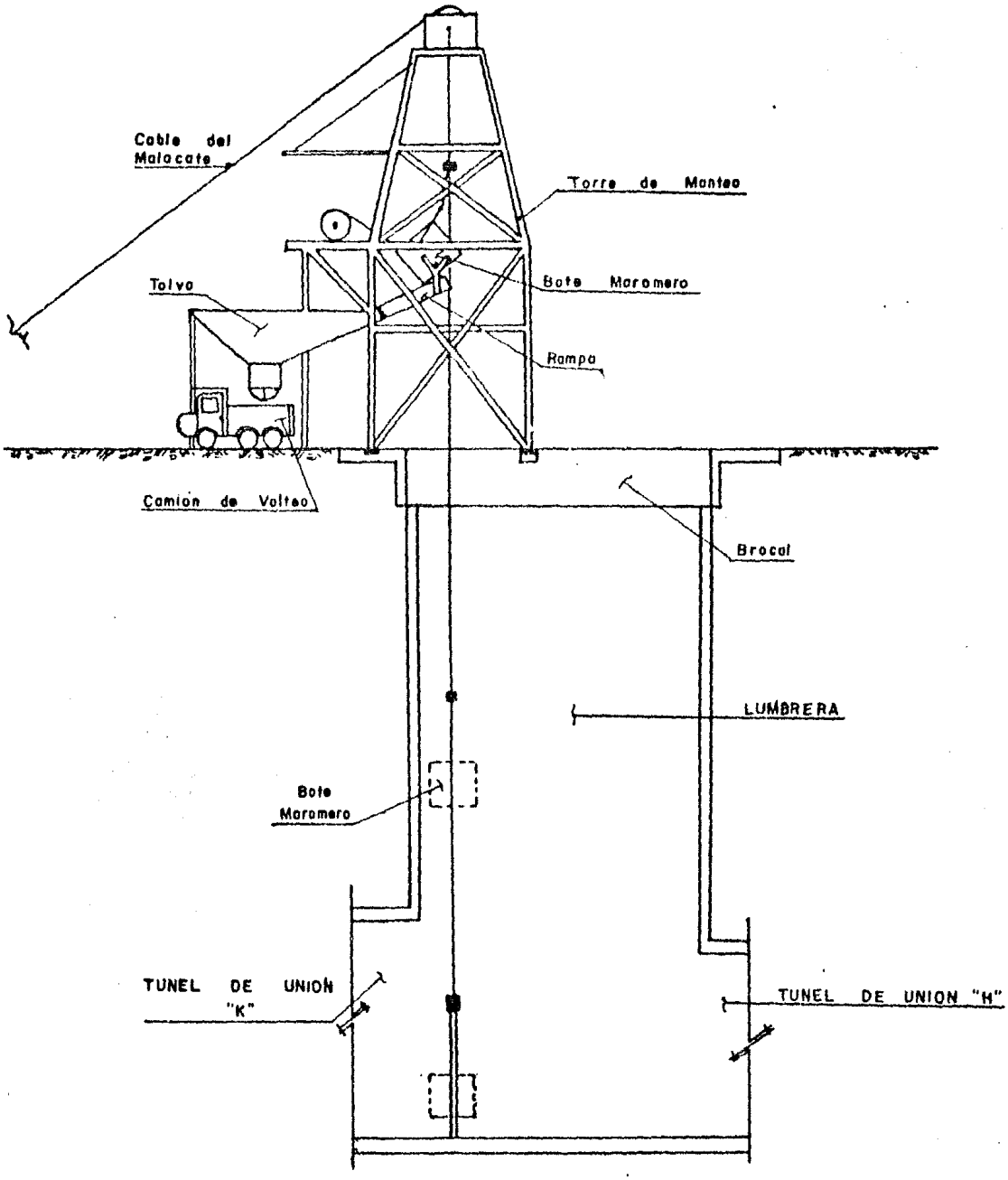


Fig. 5.5-a Proceso de Rezaga.

b).- Concreto Hidráulico.- El suministro de concreto se - realizará por medio de camiones revolvedoras, los cuales des-- cargarán en una tolva que estará colocada en la misma lumbrera. La tolva se conectará a una tubería de 12", existiendo en la - parte inferior un tanque amortiguador del cual se descargará - directamente a las bombas de concreto. Estas conducen el con-- creto a través de una tubería a la parte donde se vaya a colo- car el concreto.

Para el colado de los túneles se utilizará cimbra metáli- ca seccional, en módulos de 6.0m de longitud, para la guarni-- ción y clave, así como para el colado directo de la losa de -- fondo, confinada por las propias guarniciones.

La estructura metálica de la cimbra se desliza sobre rie- les colocados sobre la guarnición, desplazandola mediante ---- " Tirfor ".

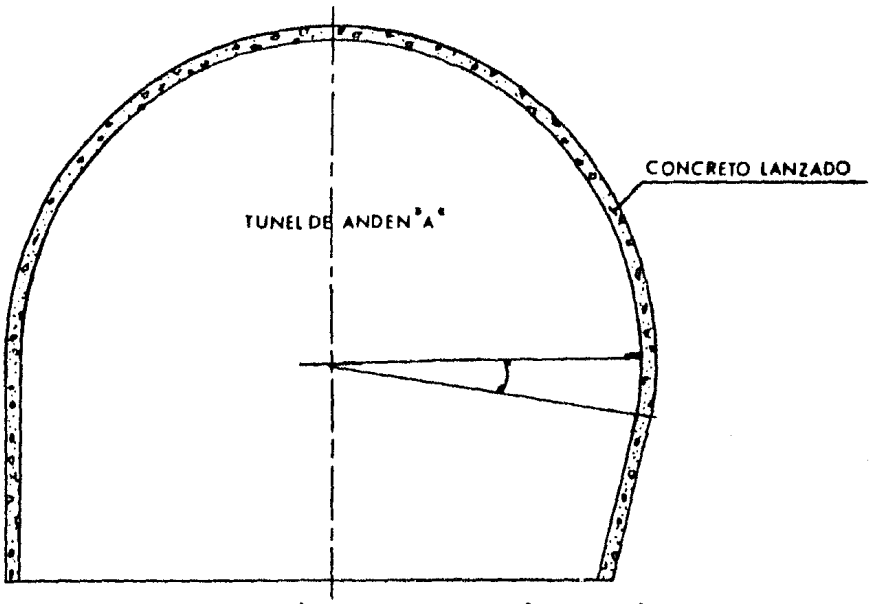
Una vez colada la clave, con un tiempo para fraguado de-- 12 horas, se procederá a descimbrar y a correrla a una nueva - posición.

Las etapas respectivas de este proceso para el Túnel de - Andén "A" se muestran en las Figs. Nos. 5.6 y 5.7.

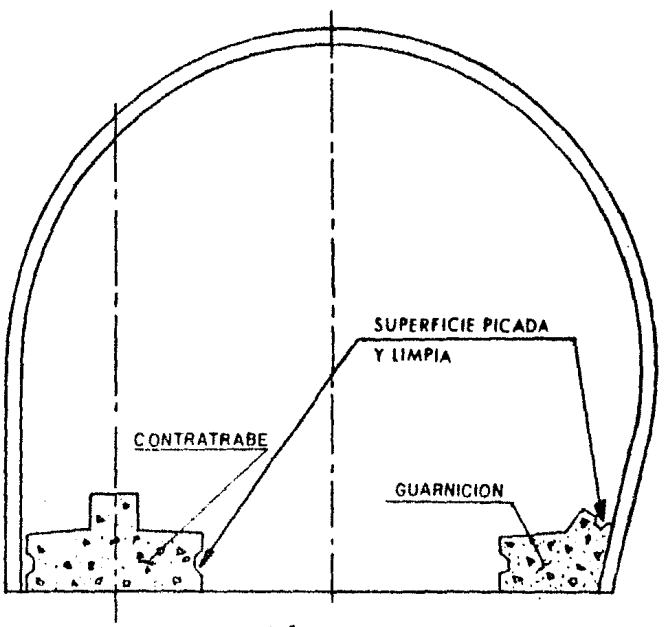
Con la cuarta etapa se da por finalizado el proceso cons- tructivo del Túnel de Andén "A", faltando únicamente el muro - y la losa de andén, los cuales se colocarán hasta haber termi- nado de revestir el Túnel de Andén "B".

Los tensores mencionados en la cuarta etapa se colocarán- única y exclusivamente en el Andén "A", ésto con el fin de evi tar el coceo en la parte superior del Túnel al excavar el Tú-- nel de Andén "B", éstos se colocarán a cada 60 cm de separa--- ción y a todo lo largo del andén, con excepción de las inter-- secciones con los demás Túneles secundarios (Subestaciones, - Túneles de Unión, etc.).

No se podrá iniciar la excavación del Túnel "B" si no se- ha colocado el revestimiento definitivo en el Túnel "A" en to- da la longitud del Andén. La excavación del Túnel "B" se reali zará en el mismo sentido que el Túnel "A".

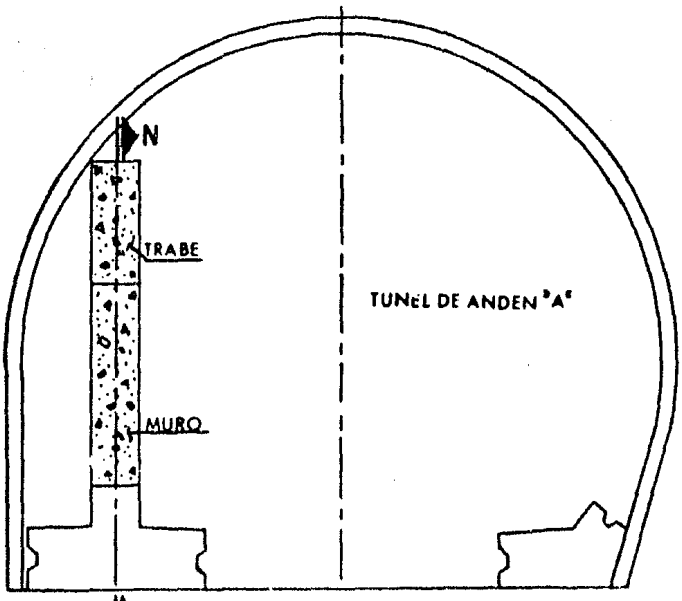


1ra. ETAPA: Excavación de la sección de Túnel de Andén "A" recubriendo las paredes y la boveda de ella con concreto lanzado.



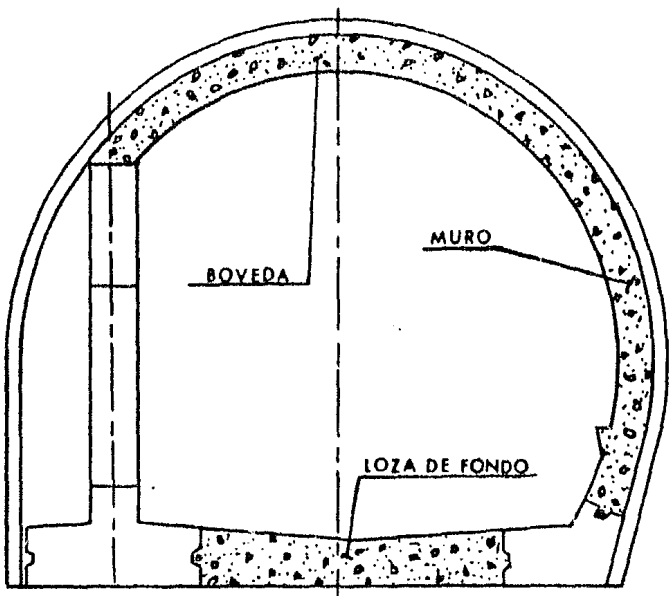
2da. ETAPA: Colocación de los dados de apoyo dejando las preparaciones necesarias.

Fig. 5.6 Excavación y colado de Apoyos.



En las figs. 5.8 y 5.8-B y C Se muestra el armado de la Trabe, Columnas o' Muro y Contratrabes.

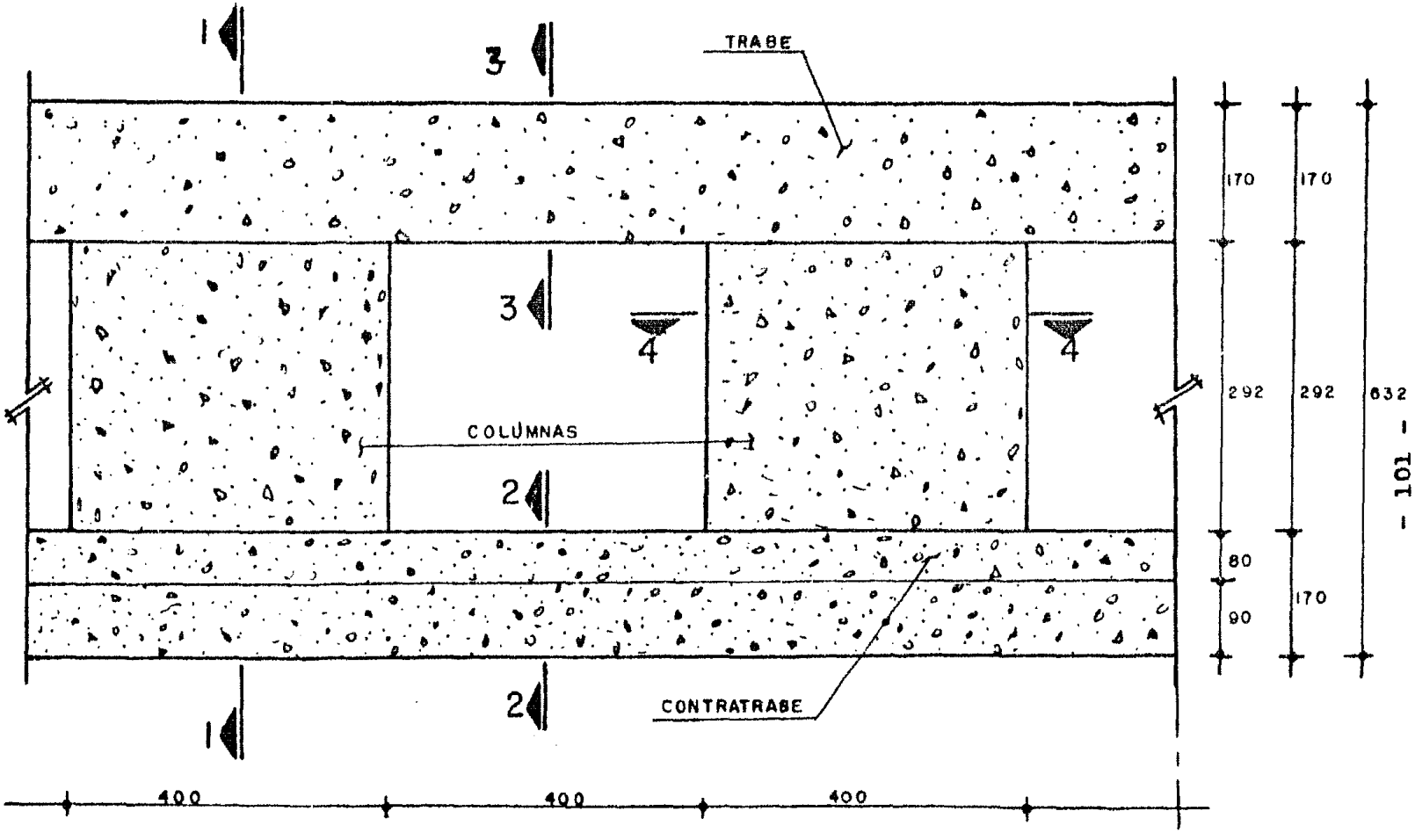
3ra. ETAPA: Colado de columna central y la trabe superior, dejando las preparaciones para colocar los tensores.



4ta. ETAPA: Colado de muros y boveda del túnel - dejando paso para la inyección, colado de loza y colocación de tensores.

Fig. 5.7 Revestimiento Definitivo en el Andén "A".

Fig. 5.8 Trabe, Columnas y Contratrabe.



Acot. cms.
Sin esc.

CORTE N-N'

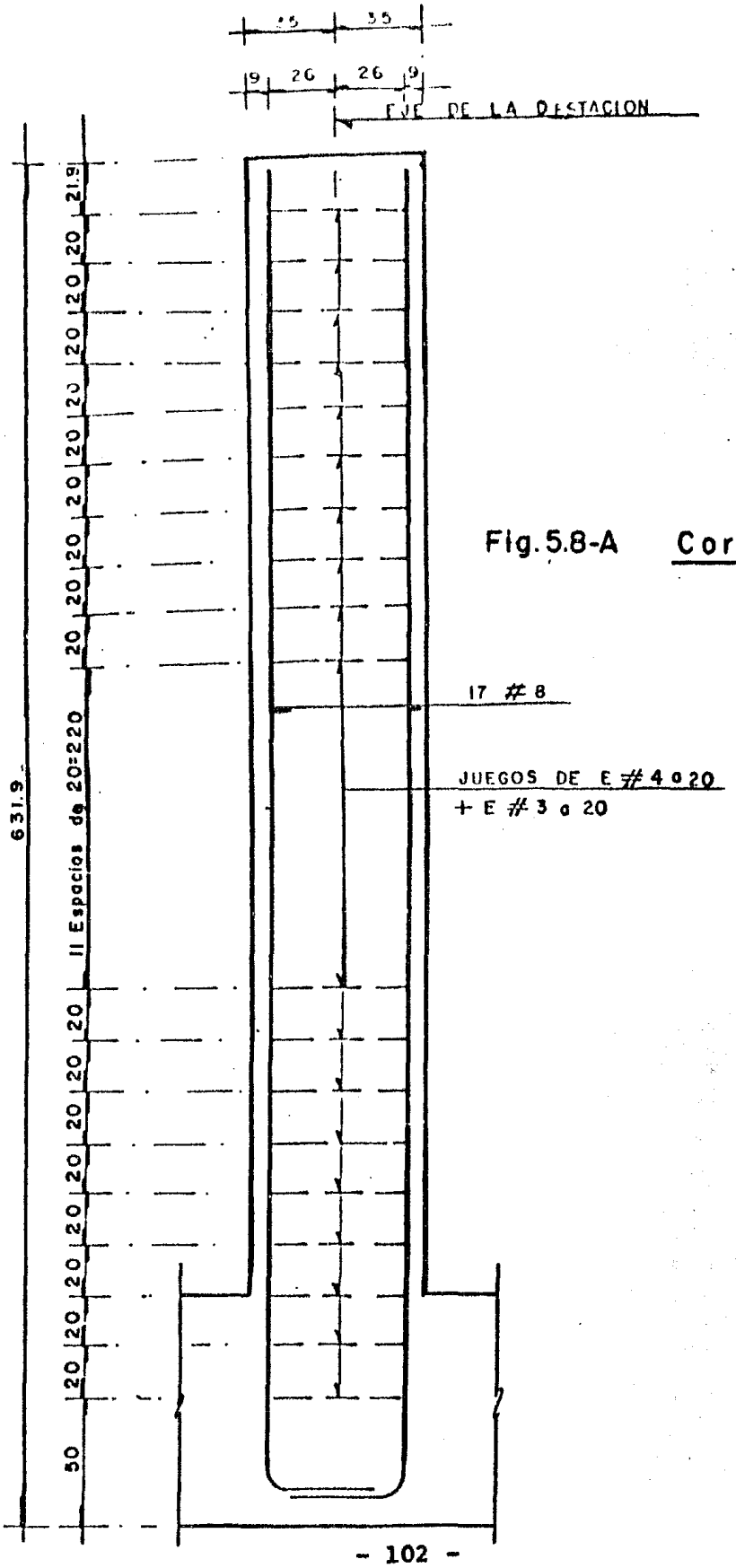
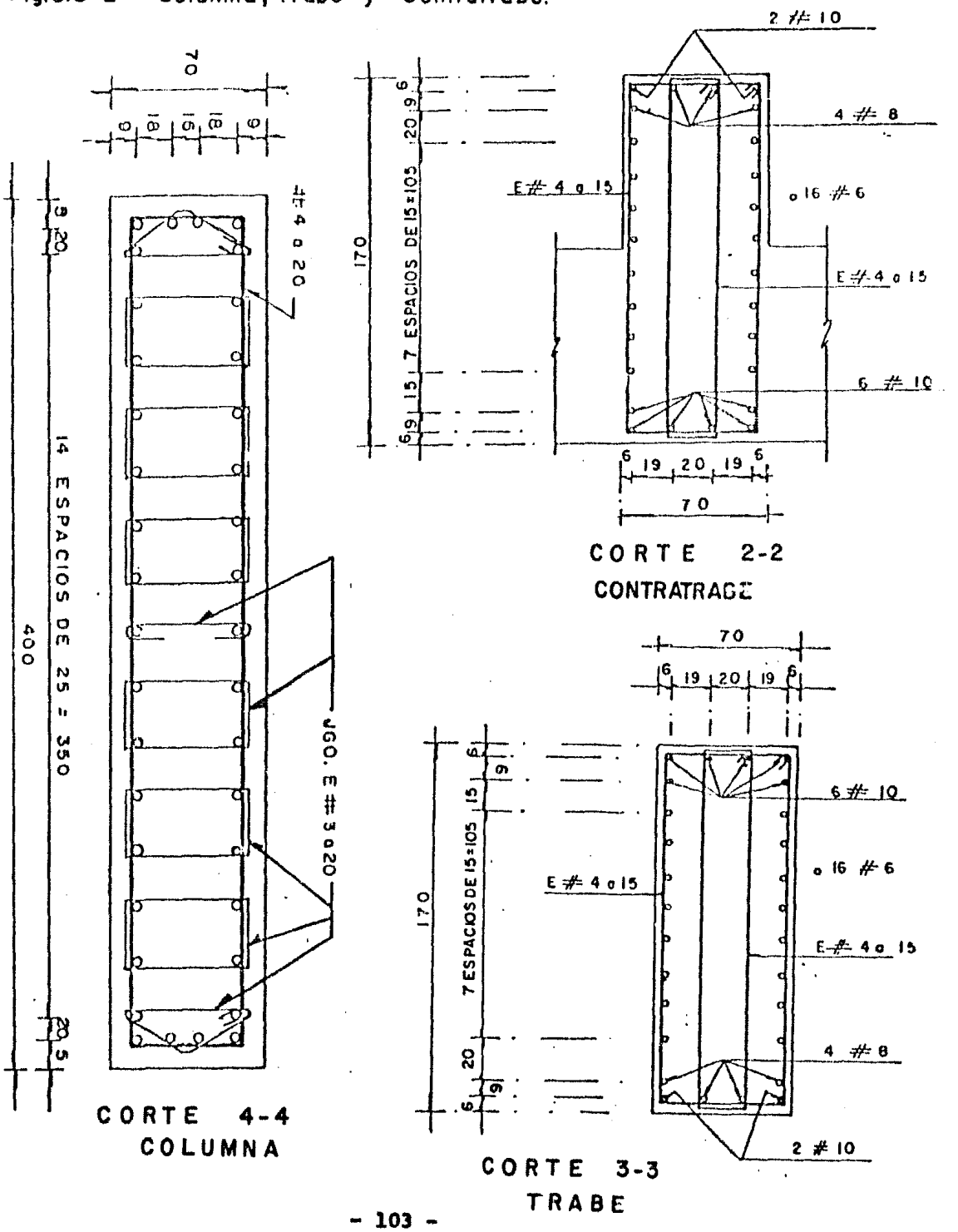


Fig. 5.8-A **Corte I-I**

Fig.5.8-B Columna, Trabe y Contratrabe.



5.3 CICLO DE TRABAJO PARA EL TUNEL DE ANDEN "B"

El ciclo de trabajo requerido para la construcción del Túnel de Andén "B", será similar al descrito para el Túnel "A", y cuyo proceso se muestra en las figuras 5.9, 5.10 y 5.11, con -- excpeción de lo indicado a continuación:

Una vez que se ha excavado la parte media superior, se procederá a colocar anclas tal como se describe a continuación.

1.- Se realizarán 6 perforaciones de 2" de diámetro sobre las - paredes del Túnel y con una distribución que se indica en la -- figura No. 5.12. La profundidad de las perforaciones será de -- 6.00 m.

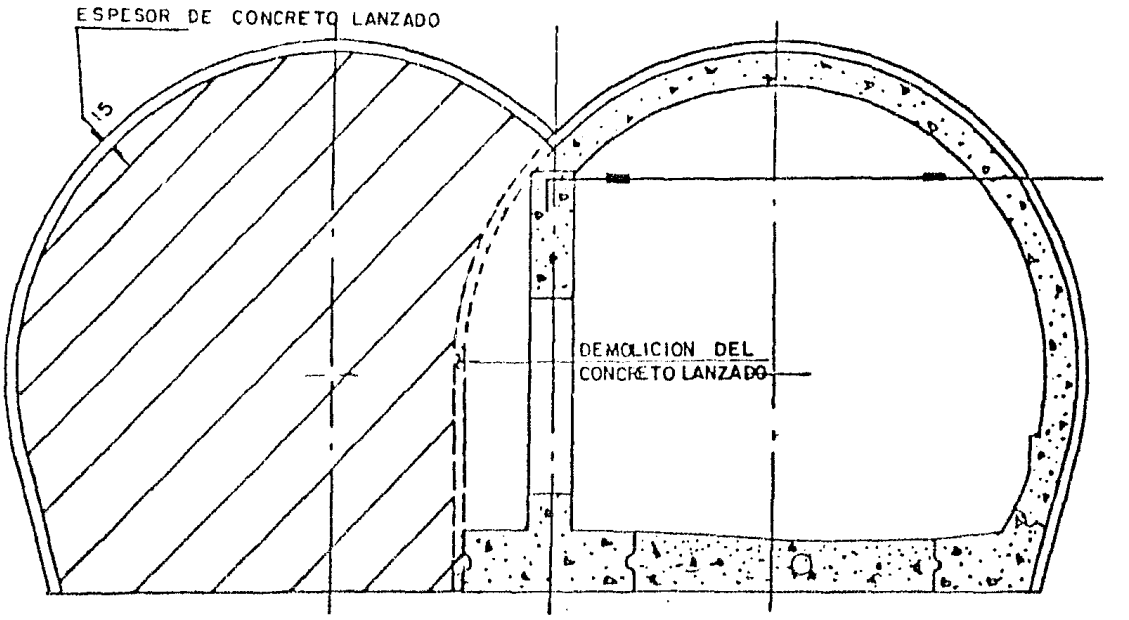
2.- Una vez realizada la perforación, se colocará una ancla en- cada una de ellas, la cual estará constituida por una varilla - de 1" de diámetro (fy=4200 Kg/cm2), posteriormente se procede- rá a inyectar esta zona con mezcla de agua cemento en una pro-- porción de dos partes de cemento por una de agua.

3.- Cuando la ancla haya quedado fijada al terreno, se colocará una placa metálica en la punta de la varilla para posteriormen- te fijarla a ésta por medio de uan tuerca o soldadura (Fig. -- No. 5.12).

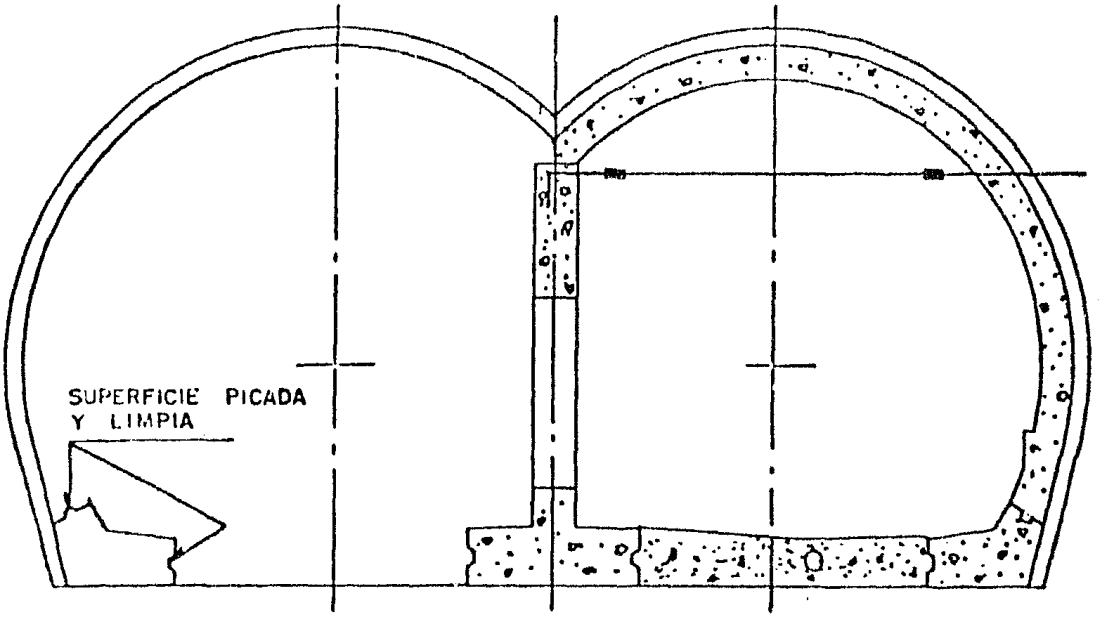
4.- Estas anclas se colocarán en secciones separadas a cada 2 - metros salvo cuando las características del material requieran- otra separación.

Una vez excavados y revestidos ambos Túneles, se procederá a colocar un muro tapón en las cabeceras del Túnel en ambos la- dos ("A" y "B"), ubicados en los extremos de éste, el espesor de éste será de 35 cm. (Figs. Nos. 5.13 y 5.13-a).

Por último para dar por finalizada la construcción del Tú- nel de Andén, se procederá a construir la losa y el muro de an- dén en ambos Túneles "A" y "B", elementos que se muestran en la figuara No. 5.14.



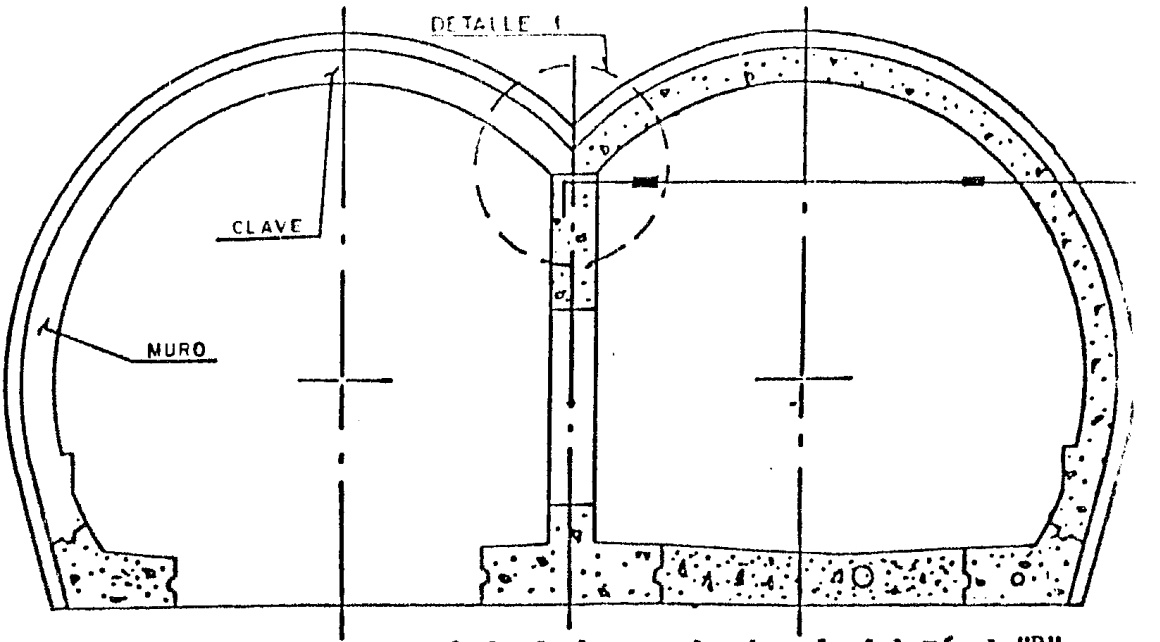
5ta. ETAPA: Excavar la sección faltante, recubriendo las paredes y la boveda de ella con concreto lanzado, además de demoler el espesor de concreto lanzado del Túnel "A" que queda dentro del Andén "B".



6ta. ETAPA: Armado y colado de la guarnición del Túnel "B", -- dejando las preparaciones que indique el proyecto.

Colocación de Anclas en el Túnel "B" (Ver Fig. No. 5.12)

Fig. 5.9 Excavación y Colado de Apoyo en Anden "B".



7ma. ETAPA: Armado y colado de la pared y boveda del Túnel "B" dejando pasos para la inyección.

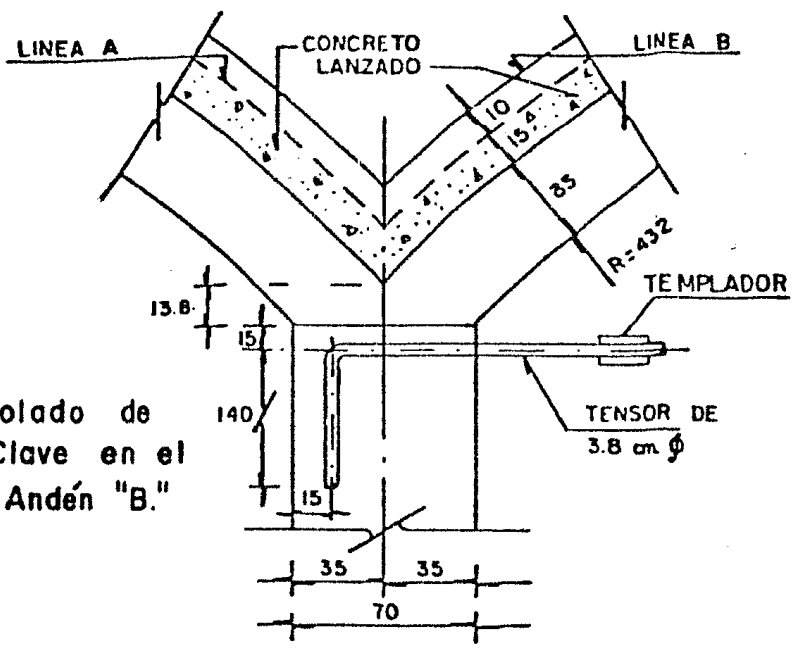
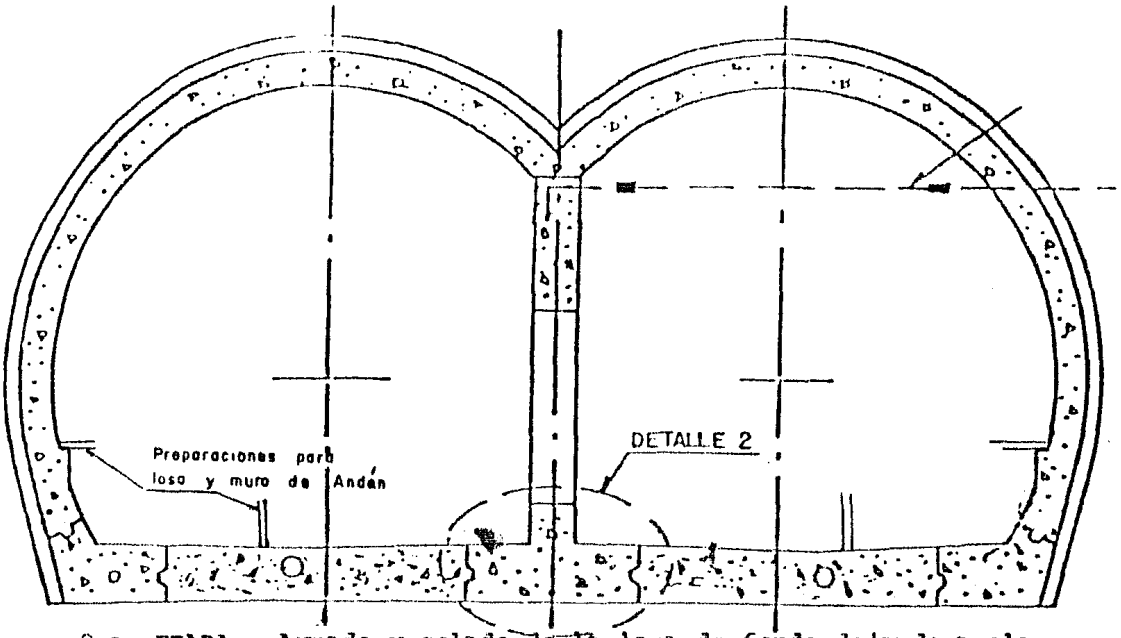


Fig. 5.10 Colado de Muros y Clave en el Túnel de Andén "B."

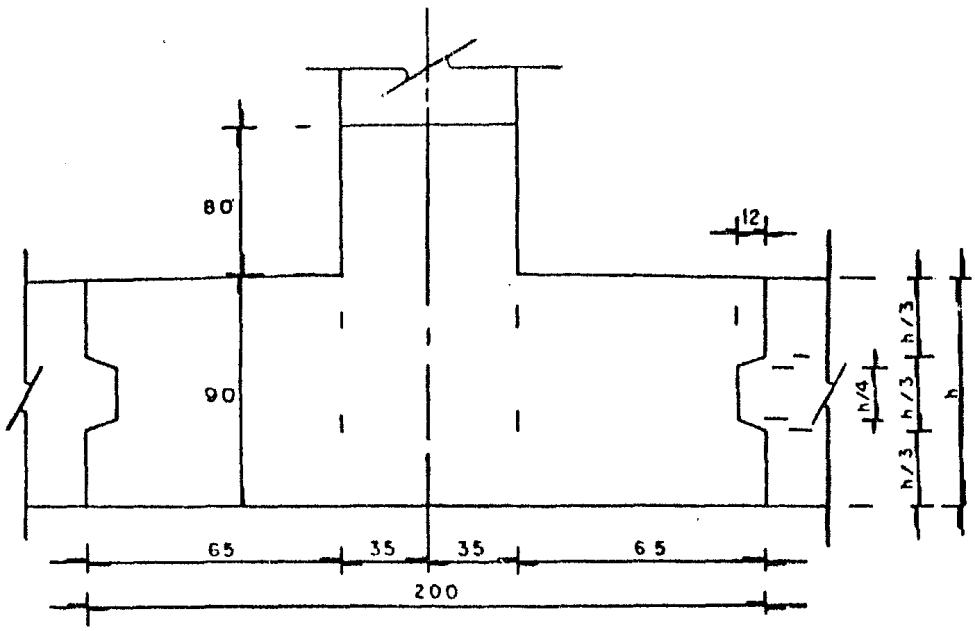
DETALLE - 1

(NO SE MUESTRA REFUERZO)



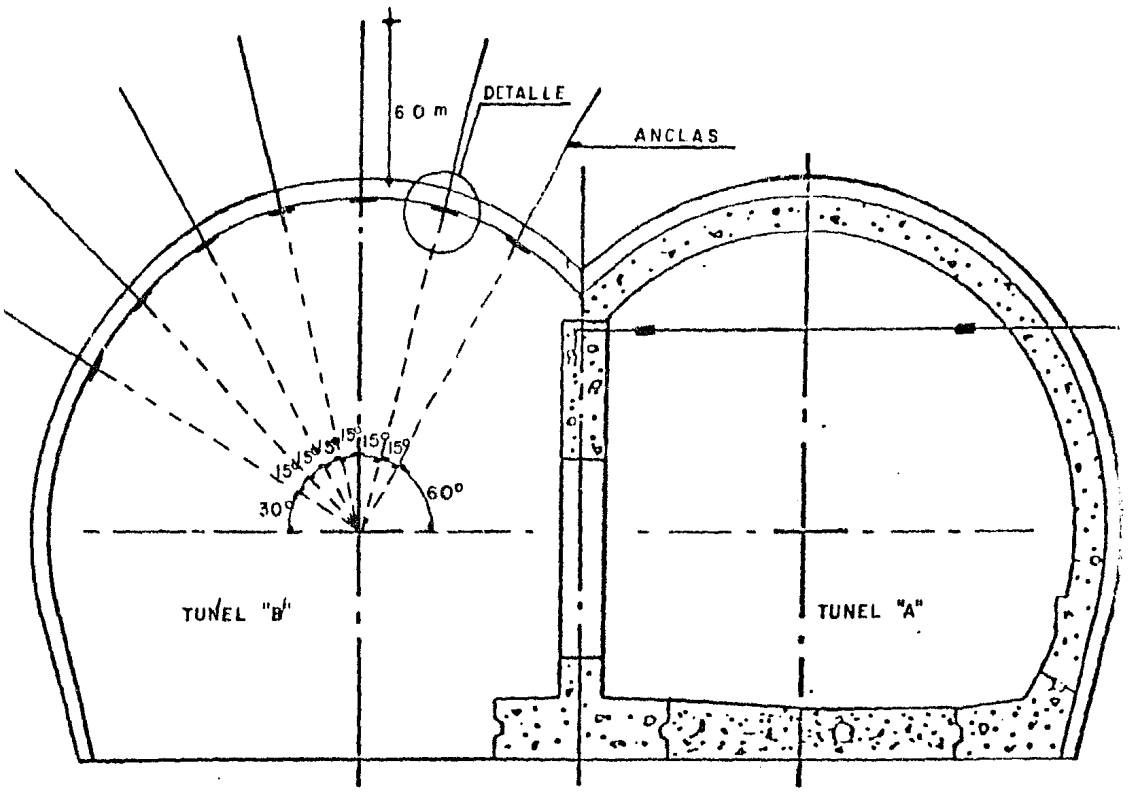
8va. ETAPA: Armado y colado de la losa de fondo dejando anclas para el muro de andén, y cuando el concreto haya adquirido su resistencia se retirá el tensor y se inyectará lechada y/o mortero para rellenar los huecos entre el concreto lanzado y el colado.

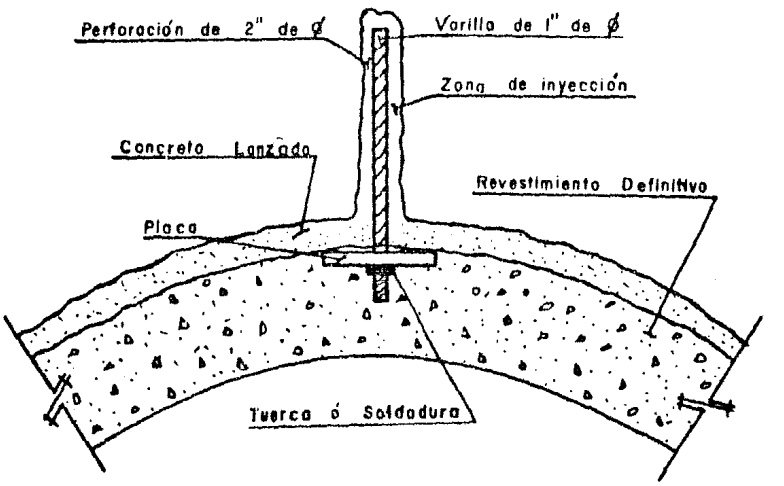
Fig. 5.11 Colado de Losa de Fondo en Andén "B".



DETALLE - 2

(NO SE MUESTRA REFUERZO)





DETALLE

Fig. 5.12 Colocación de Anclas en el T. de Andén "B"

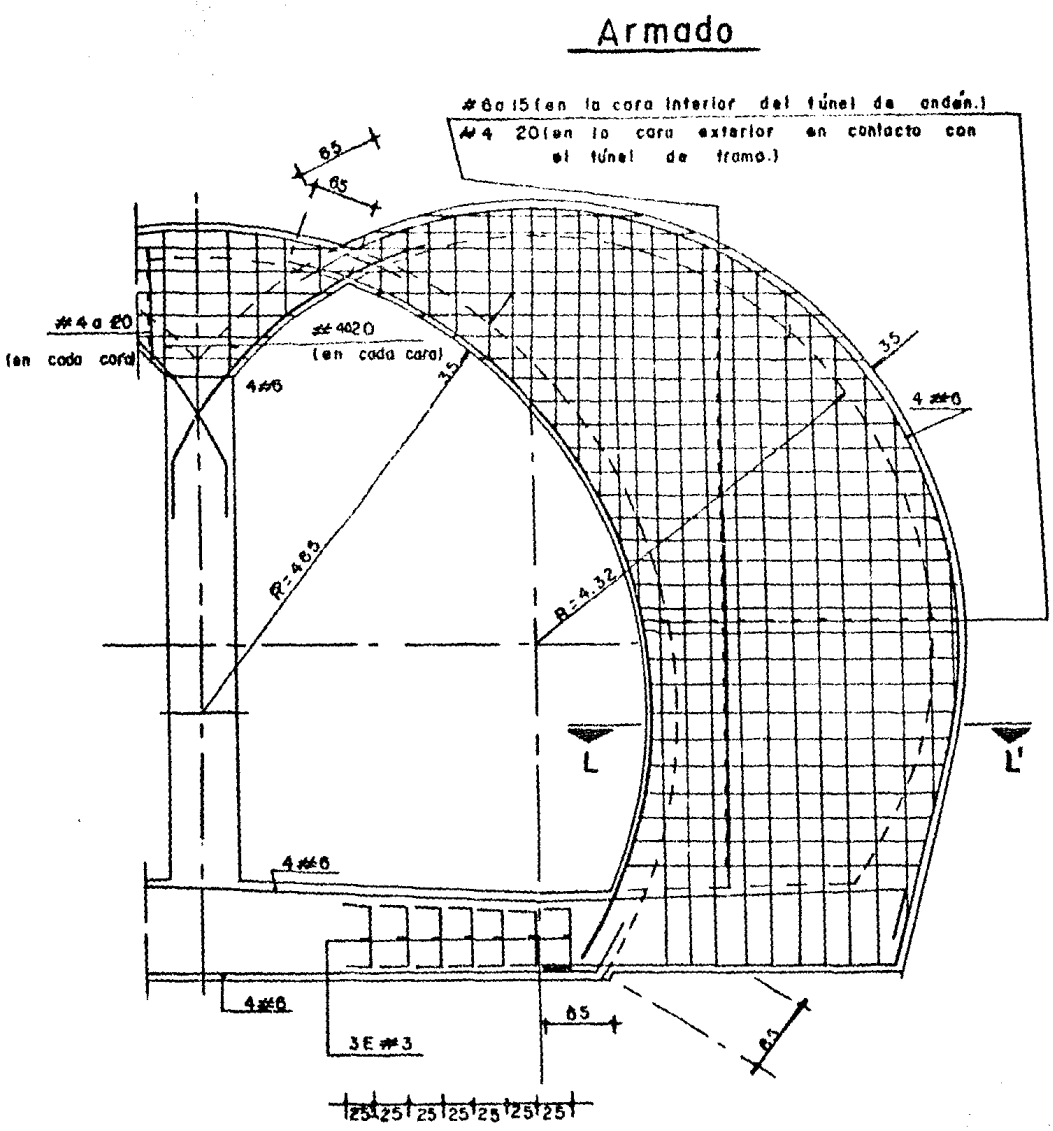


Fig. 5.13 Muro Cabecero

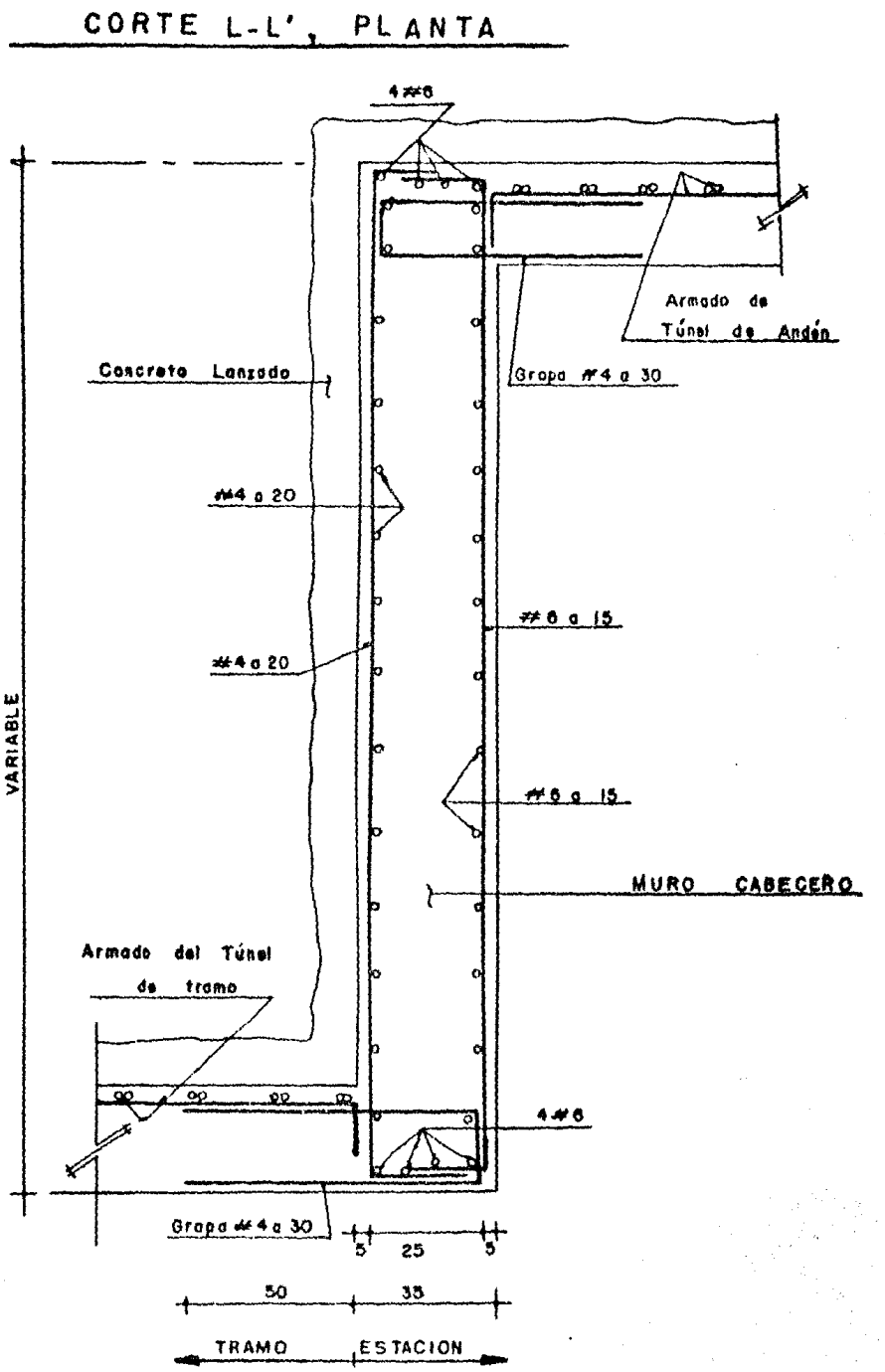


Fig. 5.13-a Muro Cabecero.

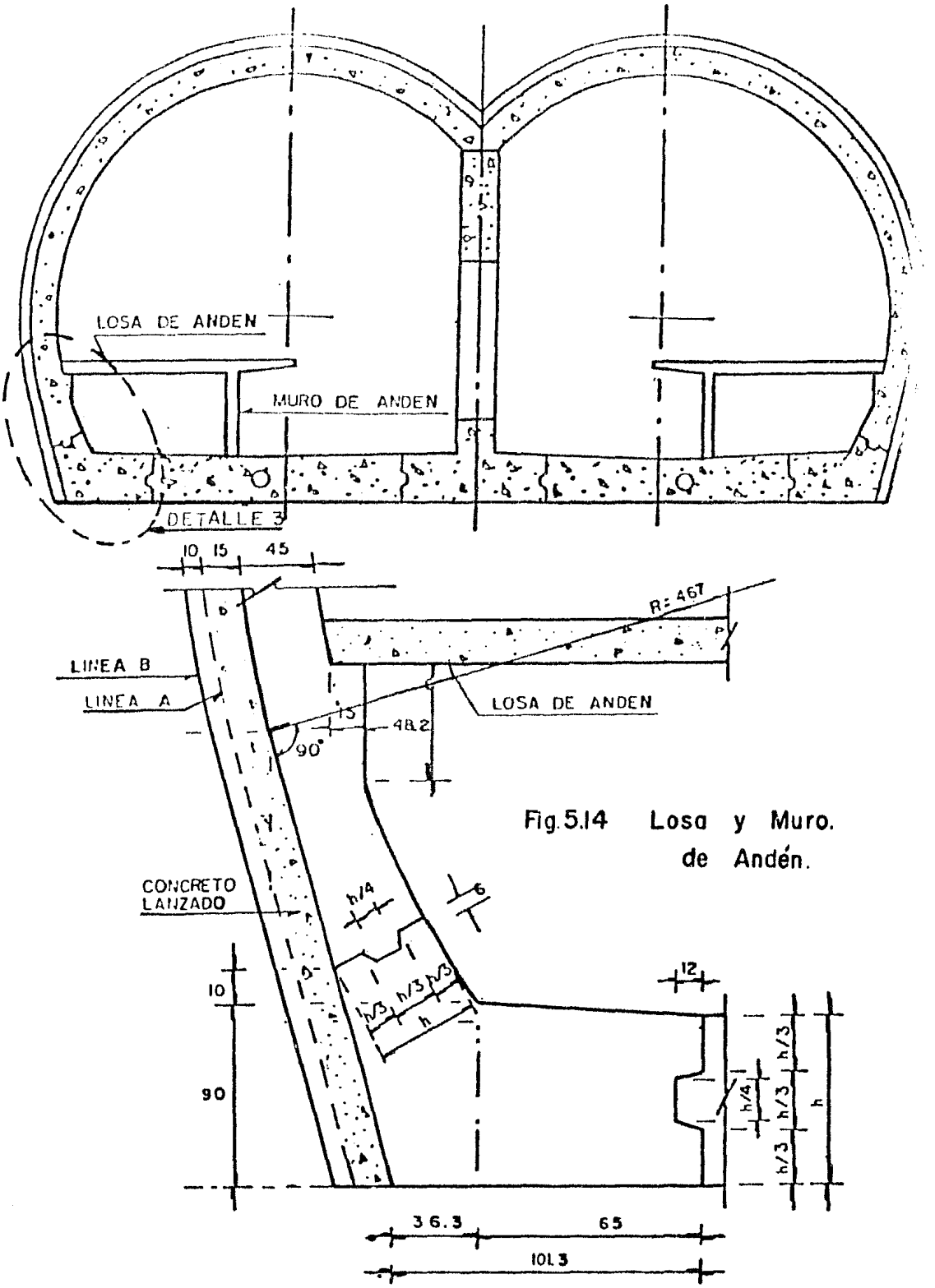


Fig. 5.14 Losa y Muro. de Andén.

Fig. 5.14

DETALLE - 3

(NO SE MUESTRA REFUERZO)

C A P I T U L O VI

TUNELES DE DISTRIBUCION

6.1 DATOS GENERALES

La excavación de los Túneles de Distribución, se iniciará en los Túneles de Unión que se encuentran ubicados en el lado-Oriente y Poniente de la estación, según se muestra en la figura. (Fig. No. 6.1).

La excavación del Túnel se hará en dos secciones, según - se ilustra en las figuras Nos. 6.2- a y b y tendrá un soporte- o ademe provicional a base de concreto lanzado reforzado con - malla electrosoldada, posteriormente se procederá a colocar el ademe definitivo, el cual estará constituido por un muro de -- concreto colado con cimbra o de concreto lanzado reforzado con acero, cuyo espesor también se muestra en las figuras antes -- mencionadas.

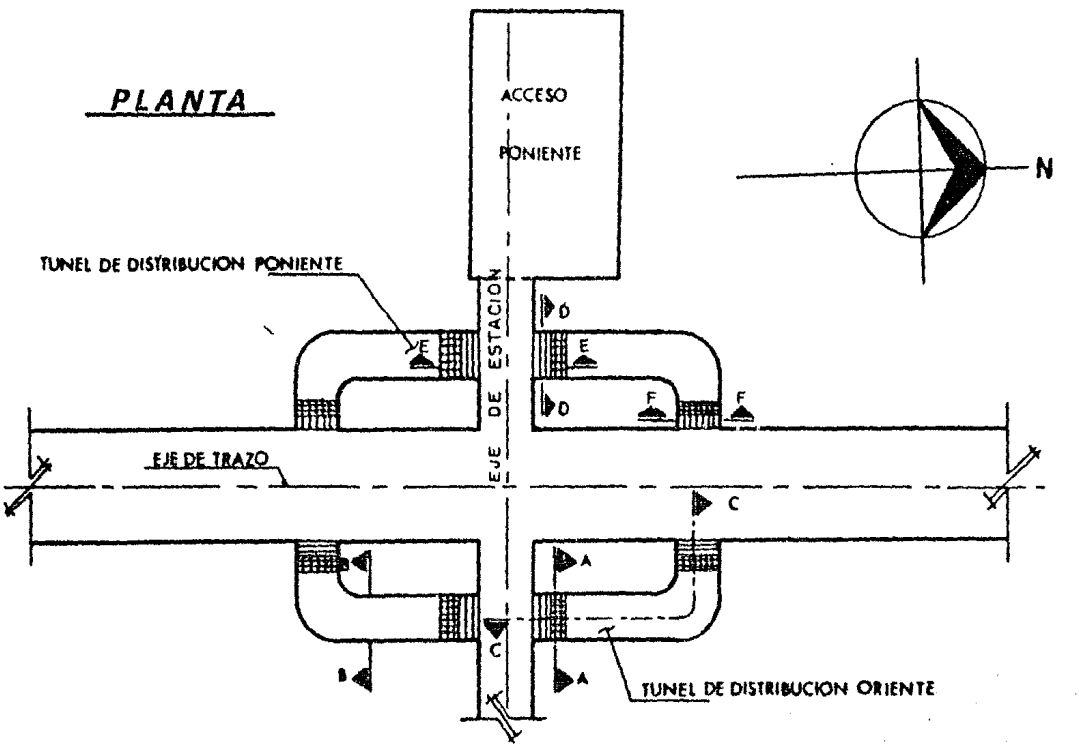


Fig. No.6.1 UBICACION DE CORTES

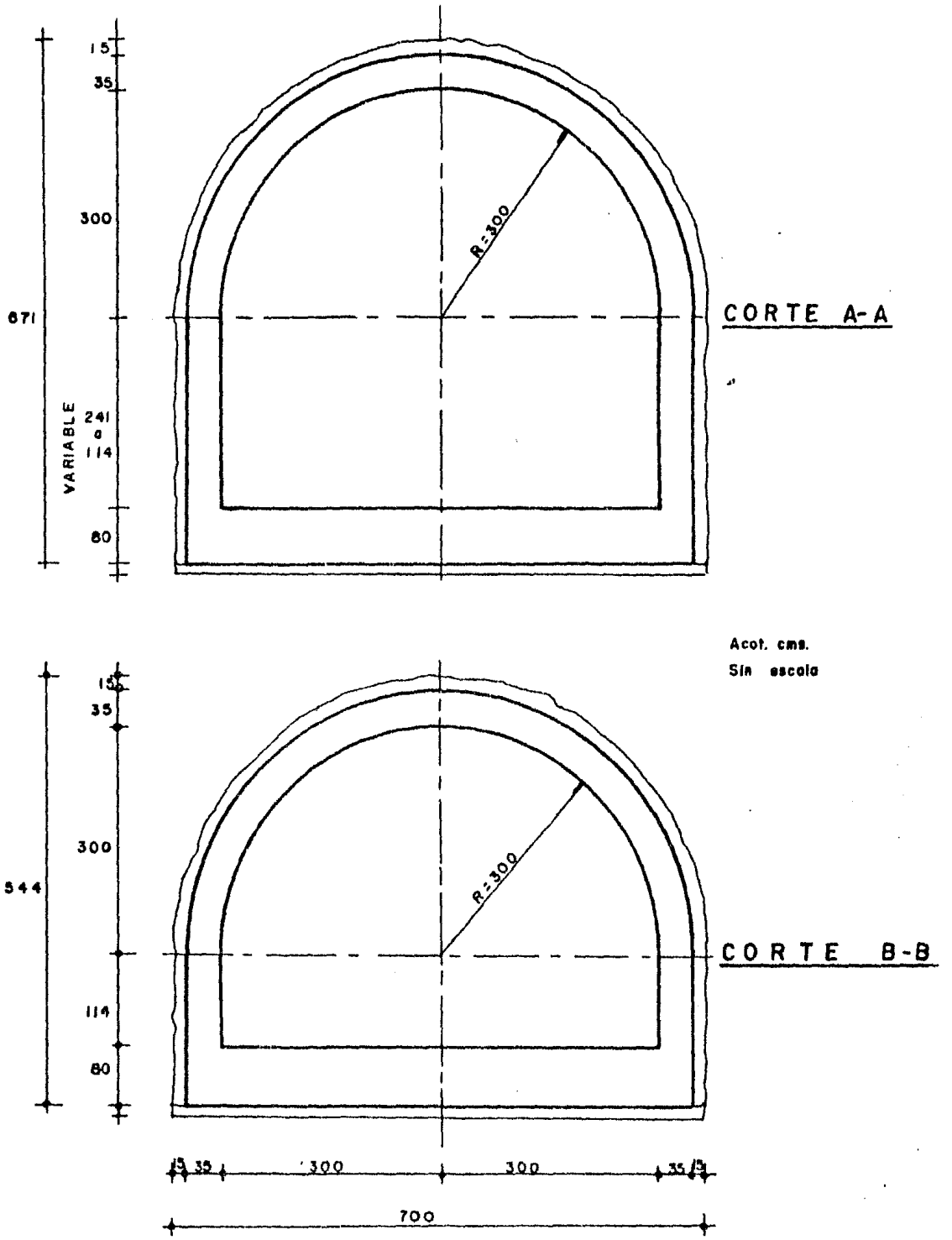


Fig. 6.2-a y b Secciones de Túnel de Distribución

Después de construido el revestimiento provicional del --- Túnel de Unión se procederá a descubrir el área de la sección - del Túnel de Distribución y de inmediato se deberá colocar un - emportalamiento de acuerdo a lo indicado en el capitulo 4.1.2.- Una vez colocado el emportalamiento se construirá una trabe de- borde de concreto colado con cimbra o de concreto lanzado con - acero y en todo el perímetro del túnel, al inicio de éste tal-- como se indicó en las Etapas Constructivas , (Figs. Nos. 6.2-c- y 6.3.).

Teniendo descubierta la sección del Túnel de Distribución- se iniciará el Ciclo de Trabajo, el cual comprende las activida des enumeradas a continuación:

a) Excavación de la sección del Túnel

b) Extracción de la Rezaga

c) Colocación del Concreto Lanzado

d) Colocación de Marcos de Acero

e) Colocación del Revestimiento Definitivo

La descripción de las actividades antes mencionadas se ex- pone a continuación:

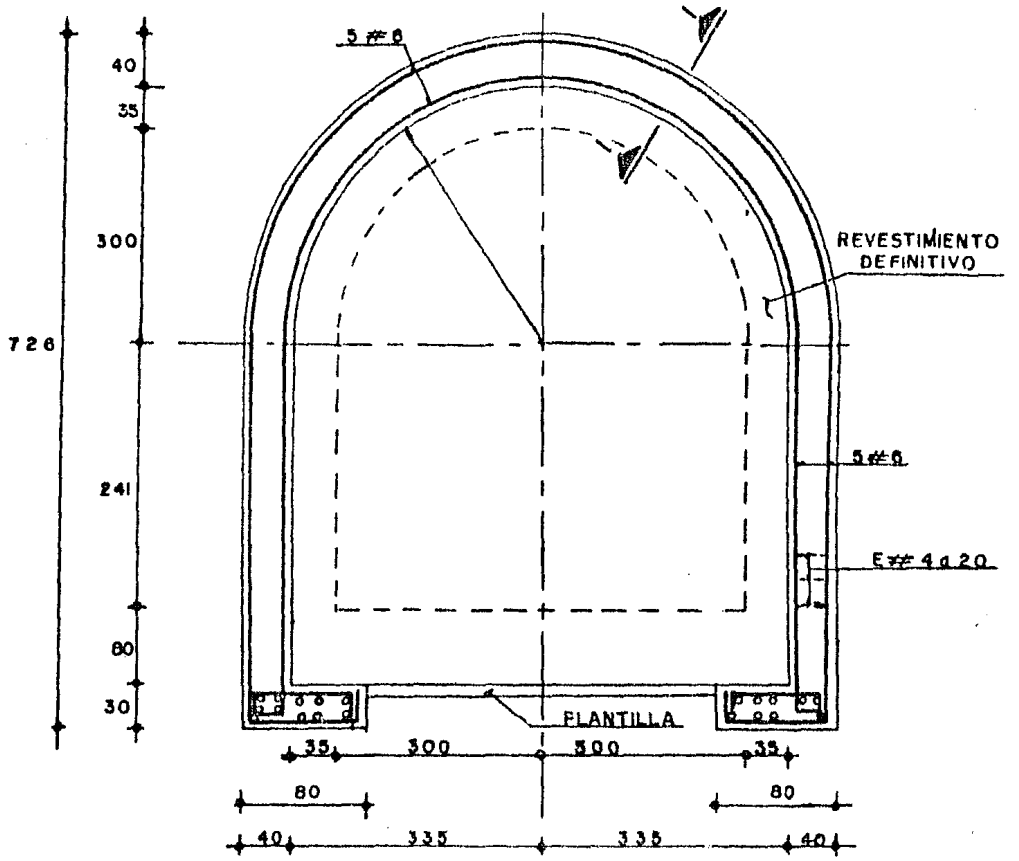
6.2 EXCAVACION DE LA SECCION DEL TUNEL

La excavación se iniciará en la parte media superior de la sección del Túnel desde el Túnel de Unión hasta la unión con el Túnel de Andén y se realizará en tramos de 2.0m de longitud, se gún se indica en la Fig. No. 6.4.

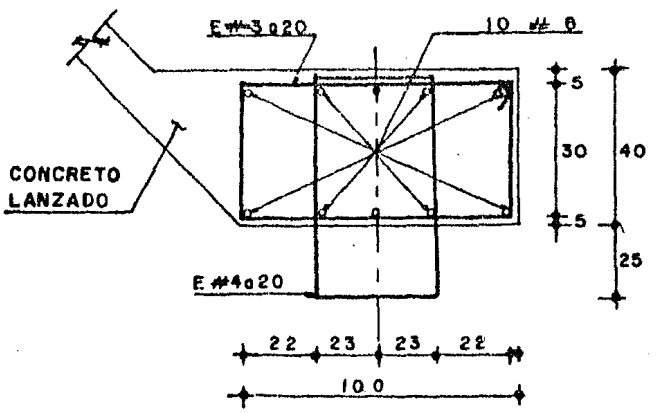
El talud del frente de la excavación será vertical y el -- ataque del frente se hará con martillos neumáticos y traxcavo;- Dependiendo de las condiciones de estabilidad del terreno la -- longitud de ataque podrá incrementarse, previa aprobación por - escrito por parte del proyecto.

Descubierto cada tramo de 2.0m de longitud se deberá de co locar inmediatamente el ademe provisional de concreto lanzado.

Colocado el ademe provicional en la parte media superior,-



CORTE D-D



CORTE I-I

Fig. 6.2-c Trabe de Borde en el Revest. Primario

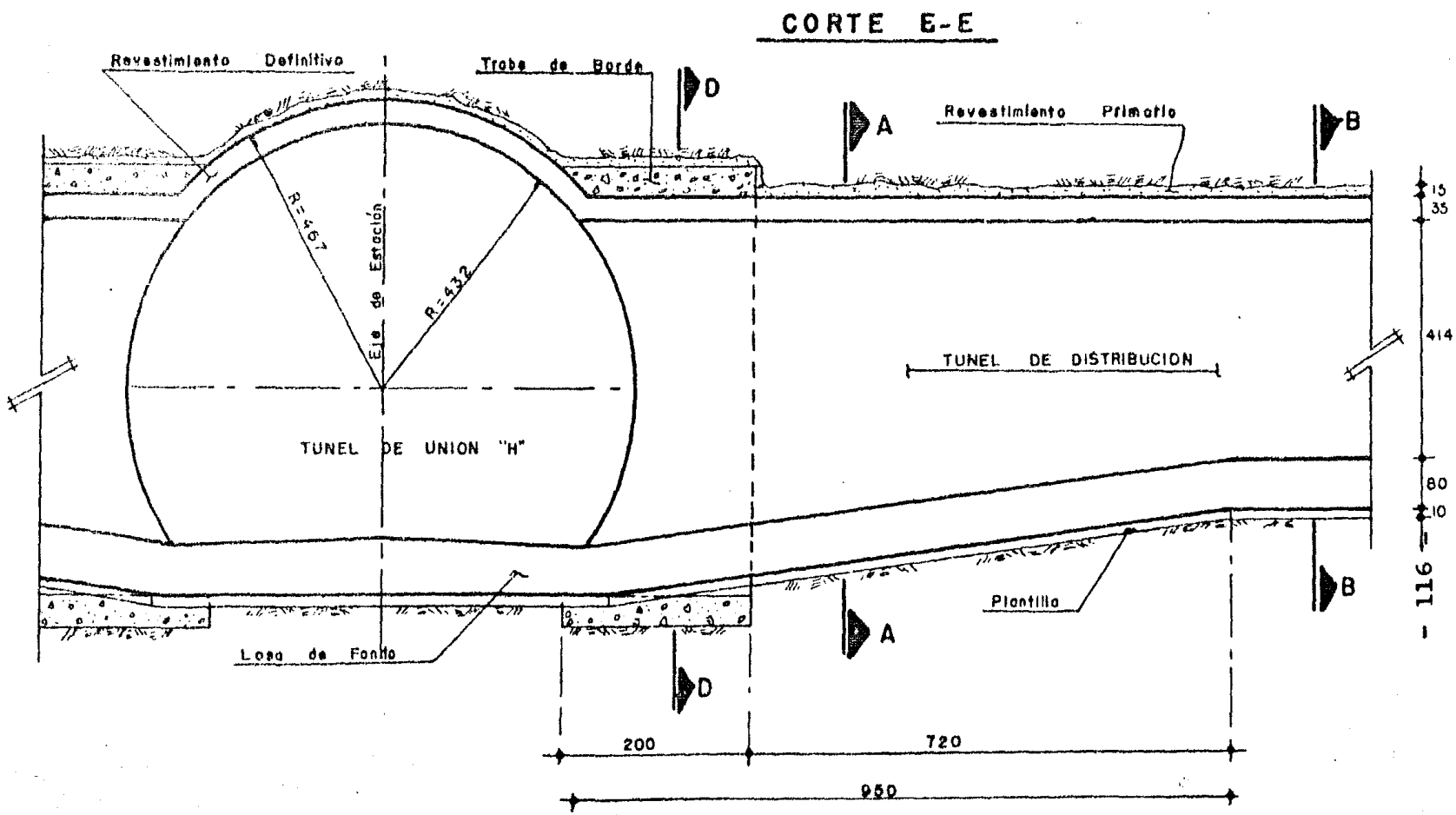


Fig. 6.3 Unión de T. de Conexión con el Túnel de Distribución.

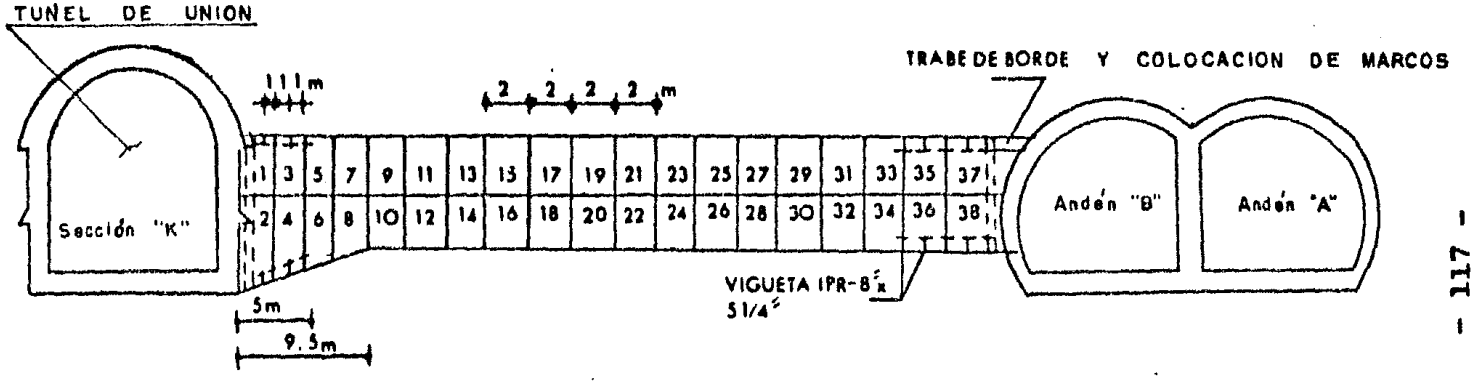


Fig. 6.4 C O R T E C - C

se podrá continuar con la excavación de la prte media inferior en la misma forma que se indicó en la parte superior.

6.3 REZAGA DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACION

Conforme se vaya atacando el frente de la excavación, el - material de rezaga se irá depositando en camiones, ya sea directamente a través de un cargador frontal l mediante tolva, los - que transportarán el material hasta el frente de la lumbrera -- donde se procederá a vaciarlo en las tolvas receptoras.

6.4 COLOCACION DEL CONCRETO LANZADO

Esta actividad consiste en colocar el concreto en las paredes de la excavación mediante máquinas especiales llamadas ---- " Lanzadoras ", las cuales lo aplican utilizando aire comprimido inyectado a la máquina y a través de una manguera se inyecta el agua para formar la mezcla, a la cual se le agregan aditivos acelerantes de fraguado, las características de éste se mencionarán en el capítulo de control de calidad.

En la parte media inferior y previo a la colocación de laprimera capa de concreto lanzado, se deberá de colocar un emboquillado con manguera de PVC Ø 2" en los sitios de colocación - de las anclas para el emportalamiento cuya longitud deberá sertal que permita librar el espesor total de recubrimiento provisional. Estas mangueras deberán de taponearse para evitar la entrada del concreto en ellas.

Lan anclas se colocarán una vez colocado el espesor totaldel recubrimiento provisional.

Conforme se vayan descubriendo tramos de 2m de longitud en cada una de las secciones de ataque, se deberá ir colocando una malla electrosoldada del tipo 6"x6" - 6/6" e inmediatamente después lanzar una primera capa de concreto de 5.0cm de espesor.

Cuando la capa de concreto lanzado de 5cm de espesor hayafraguado, inmediatamente se deberá colocar una segunda capa de10.0cm de espesor, quedando así constituido el recubrimiento -- provisional de 15cm de espesor.

En la zona donde el Túnel de Distribución se intersecta --

con el Túnel de Andén, antes de colocar la segunda capa de concreto lanzado de 10 cm. de espesor deberán colocarse marcos de acero a cada metro y en una longitud de 5m. El procedimiento -- para la colocación de los marcos se indica en el siguiente inciso.

6.5 COLOCACIÓN DE MARCOS

Excavada la parte media superior, en una longitud de 2.00m se procederá a colocar la primera capa de concreto lanzado con un espesor de 5 cm cubriendo toda la pared superior como ya se mencionó.

Colocada la primera capa de concreto lanzado se colocará - una rastra formada por dos viguetas IPR-8" X 5 1/4" (29.8 Kg/m) soldadas patín con patín como se observa en la figura No. 6.5,- estas rastras se colocarán en las paredes del túnel ya que servirán de apoyo para la colocación de la parte superior del marco.

Una vez instaladas las rastras se colocará la parte superior del marco, el cual estará formado por dos viguetas IPR 8"- x 5 1/4" (29.8 Kg/m) soldadas en sus 3 puntos de unión. Esta media sección se acuñará contra el concreto lanzado por medio - de polines de madera de una sección mínima de 4" x 4".

Se continuará con la excavación de la parte inferior del - Túnel en una longitud máxima de 2.0m y se colocará la primera - capa de concreto lanzado de 5cm. de espesor, posteriormente se colocarán las anclas a los extremos del marco de 3.50m de longitud separadas entre si 35cm con respecto al centro de la vigueta que servirá para tomar las fuerzas horizontales de coceo del marco.

Una vez colocadas las anclas, se procederá a colocar en la parte inferior de los marcos unas rastras formadas por dos polines de 4" x 4" y sobre estos polines se colocarán una placa metálica que servirá de apoyo a la sección del marco.

Instaladas las rastras, se colocarán las dos partes restantes del marco las cuales se soldarán en sus puntos de apoyo.

Cuando haya quedado instalado el marco, se procederá a co-

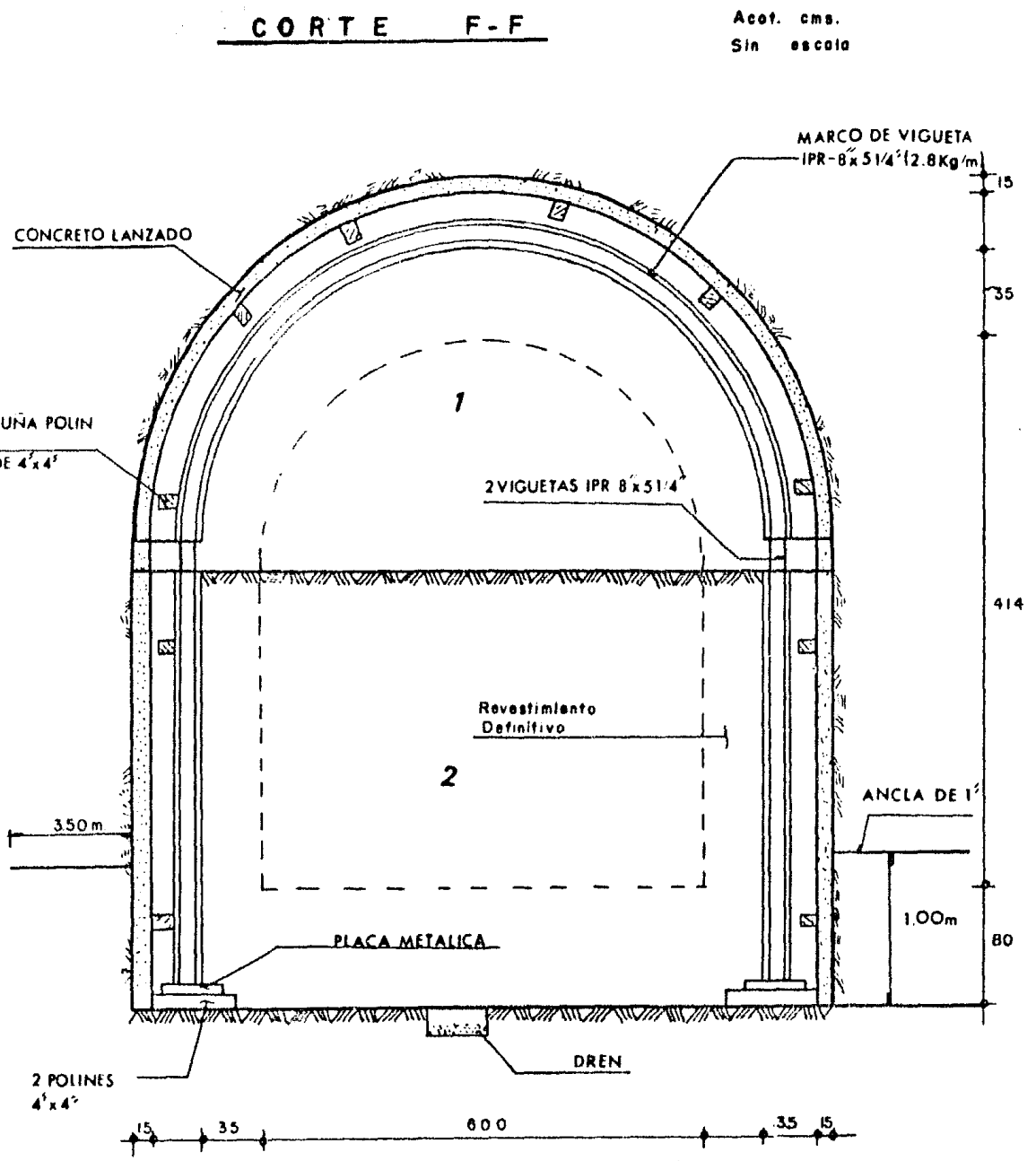
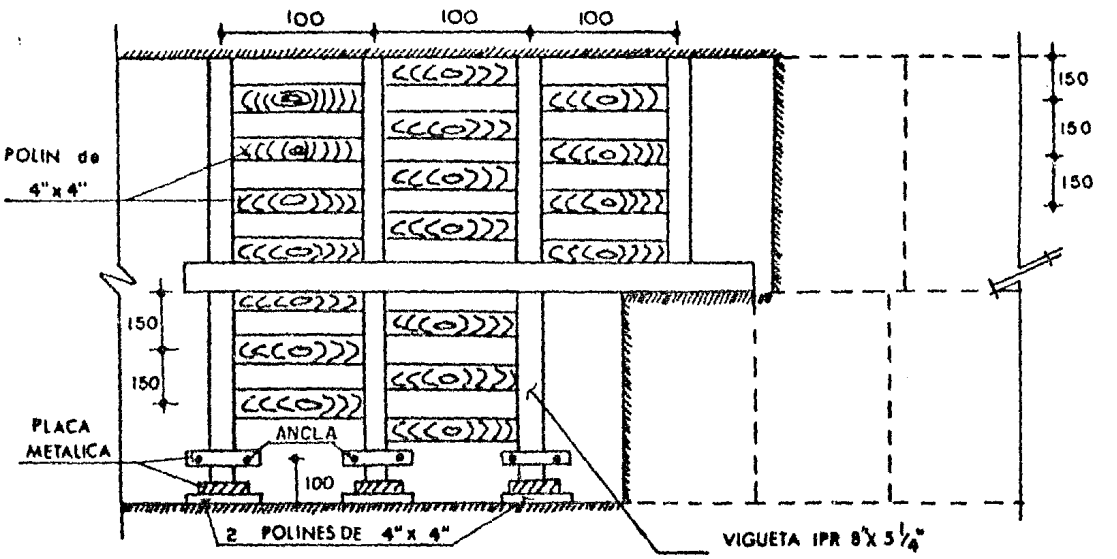
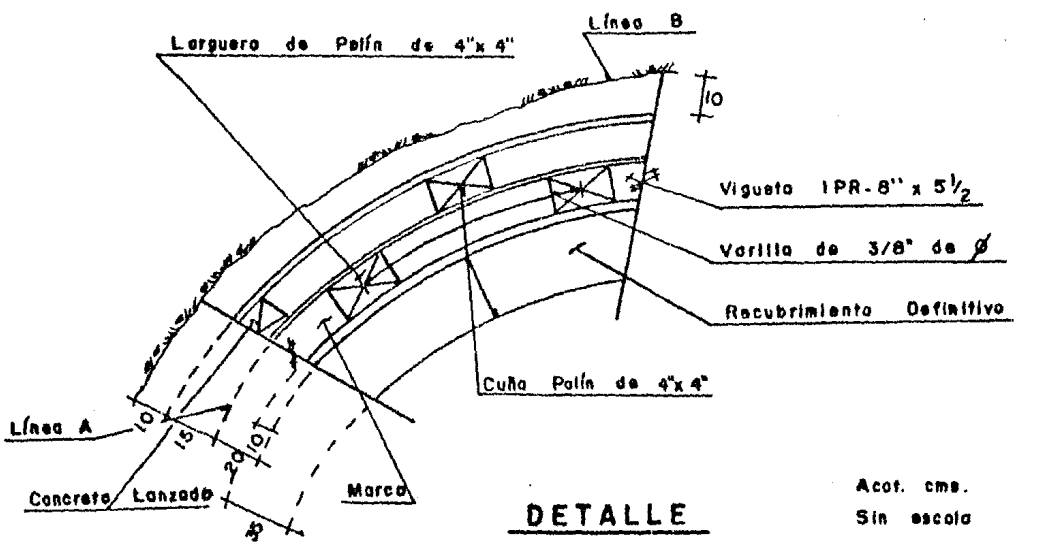


Fig. 6.5 COLOCACION DE MARCOS

Fig. 6.6 Corte Longitudinal.





locar una placa metálica entre las dos anclas, de tal forma que sirvan de apoyo al marco, y proporcionar la reacción horizontal del arco.

Una vez colocado el primer marco, se continuará colocandolos demás en la misma forma como se indicó anteriormente. La separación entre cada marco será de 1.00 m.

Entre un marco y otro se colocarán largueros formados porpolines de 4" x 4" separados entre si 1.50m. La colocación de - los largueros entre cada marco quedará desfasada 0.50m, ver figura 6.6 estos largueros se apoyarán sobre varillas colocadas - en la vigueta, por lo que será necesario hacer perforaciones -- con el fín de colocar varillas de 3/8" de diámetro en el alma - de las viguetas.

Colocados los largueros, se procederá a fijar una malla de acero de 6" c 6" 6/6, en la primera capa de concreto lanzado sobre la que se procederá a lanzar la segunda capa de concreto -- lanzado de 10cm de espesor.

Una vez colocada la segunda capa de concreto lanzado, se-- estará en posibilidad de iniciar el colado del revestimiento definitivo. Este revestimiento será de 35cm de espesor y su pared interior sobresaldrá de los marcos 25cm.

6.6 COLOCACION DEL RECUBRIMIENTO DEFINITVO

Una vez recubiertas las paredes del túnel mediante concreto lanzado y colocados los marcos metálicos, en los sitios indicados se iniciará el armado y colado del revestimiento definitivo, tal como se muestra en la figura No. 6.7.

El colado del revestimiento definitivo se realizará utilizando concreto lanzado, con excepción de la losa de fondo que - será de concreto hidráulico, ambos concretos tendrán una resistencia de 200 Kg/cm2.

En los sitios donde se localizan las salidas del túnel secolocará un revestimiento definitivo diferente tal como se ob-- serva en la fig. No. 6.8, a manera que éste funcione como una - trabe de borde.

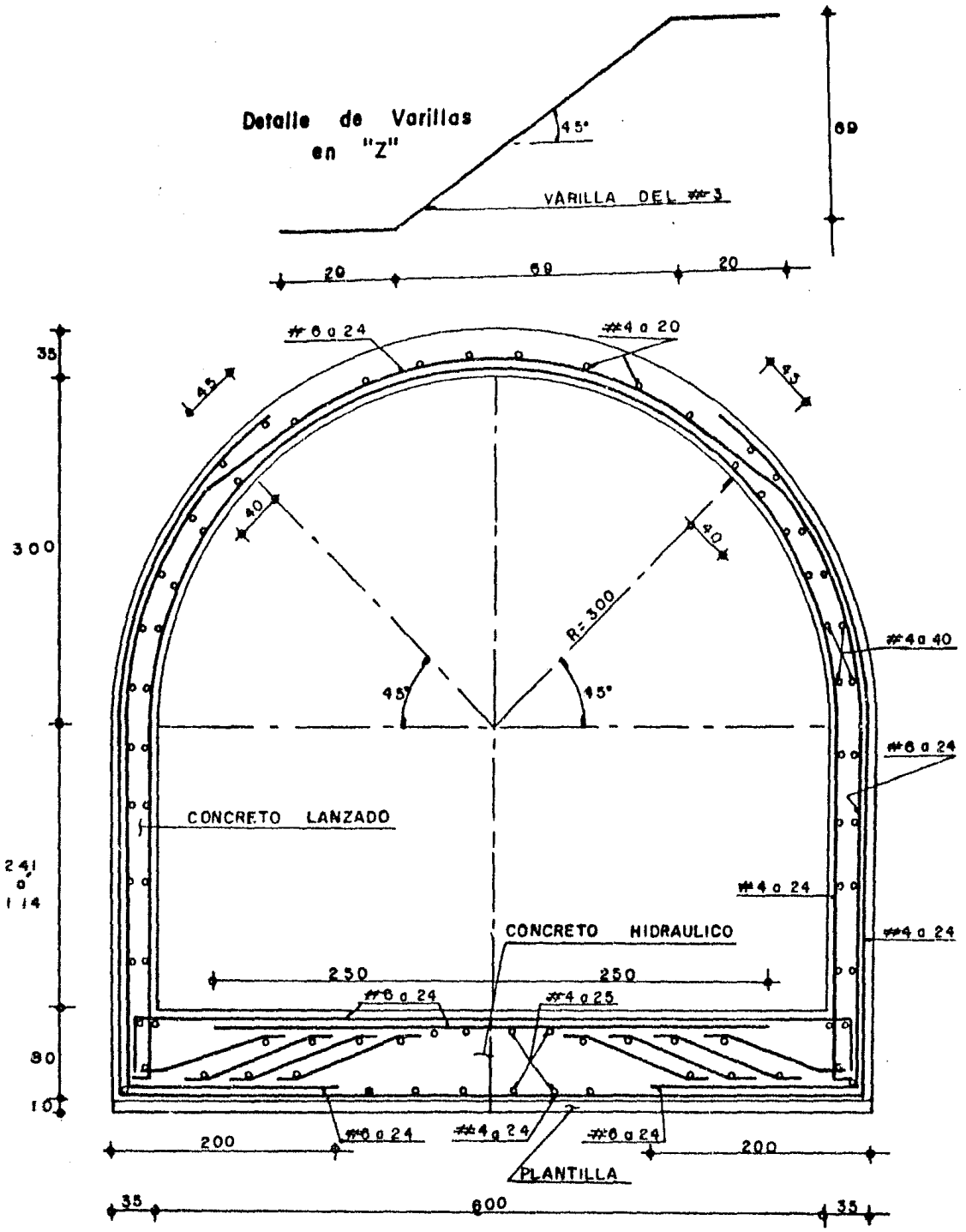
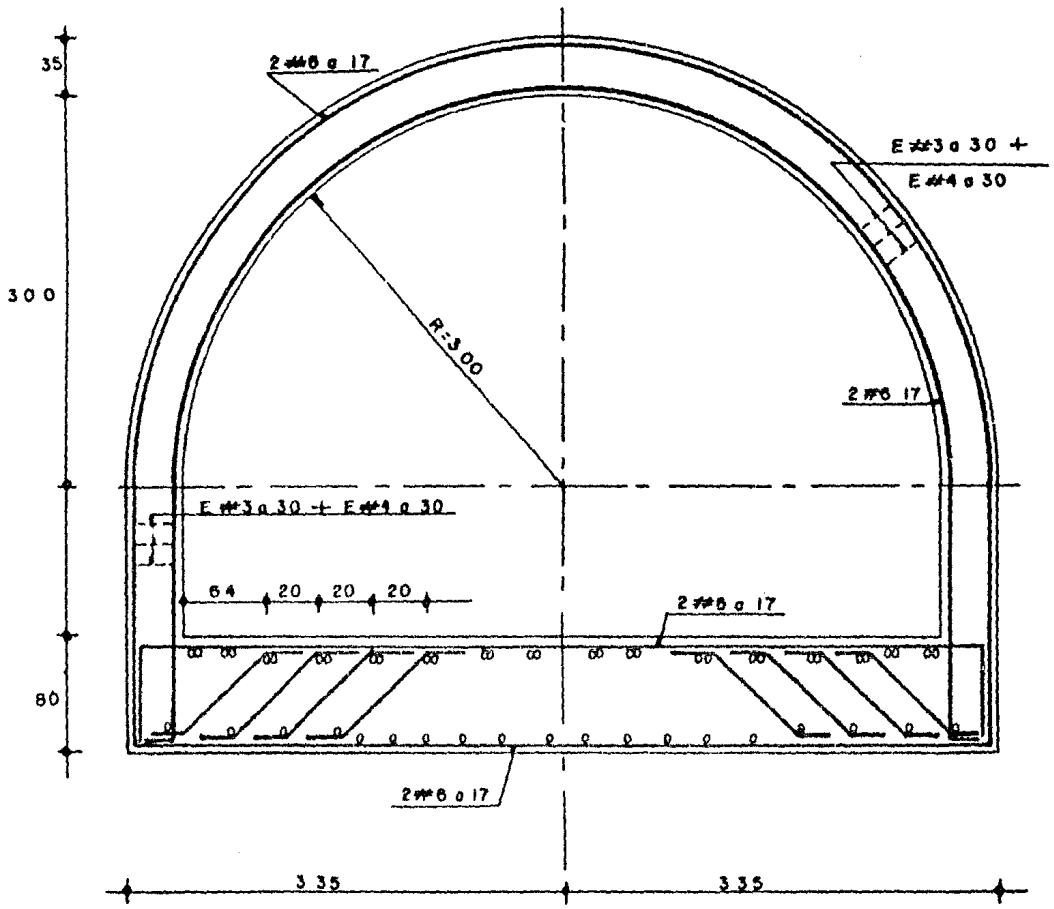


Fig. 6.7 Revestimiento Definitivo.



Acot. cms.
Sin Escala

Fig. 6.8 Trabe de borde en el revestimiento definitivo.

C A P I T U L O VII

S U B E S T A C I O N E S

S U B E S T A C I O N

7.1 ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION

Para poder iniciar la excavación de los Túneles de Subestación y Local Técnico, ubicados en el Sur y Norte del Túnel de Andén respectivamente, (Ver Fig. No. 2.2), deberá cumplirse una de las dos alternativas que se describen a continuación:

7.1.1 Primera Alternativa

Esta alternativa se realizará cuando en el Túnel de Andén "A" se haya armado y colado el revestimiento definitivo, habiendo dejado las preparaciones necesarias en la salida del Túnel Transversal, de acuerdo con el proceso siguiente:

a) Una vez colado el revestimiento definitivo en el Túnel de Andén se procederá a armar y colar la trabe de borde en el inicio del Túnel Transversal, tal como se muestra en las figuras Nos. 7.1 y 7.2.

El colado de la trabe de borde podrá ser mediante concreto lanzado, cuyas dimensiones y detalles se muestran en la Fig. No. 6.3 del anterior capítulo.

b) Cuando la trabe de borde haya alcanzado su resistencia de proyecto, se podrá iniciar la excavación del Túnel Transversal de acuerdo con el procedimiento constructivo que será descrito posteriormente.

7.1.2 Segunda Alternativa

Esta alternativa se aplicará cuando el avance del revestimiento primario del Túnel de Andén se encuentre por lo menos a 15.0m de distancia a partir del paño exterior del Túnel Transversal y de acuerdo a las indicaciones siguientes:

a) Una vez colado el revestimiento primario hasta la distancia antes mencionada, se procederá a instalar anclas en la zona de intersección sobre el Túnel de Andén en la longitud y con la distribución que se muestra en las figuras Nos. 7.3 y 7.4.

Las anclas estarán constituidas por varillas de 4.0m de

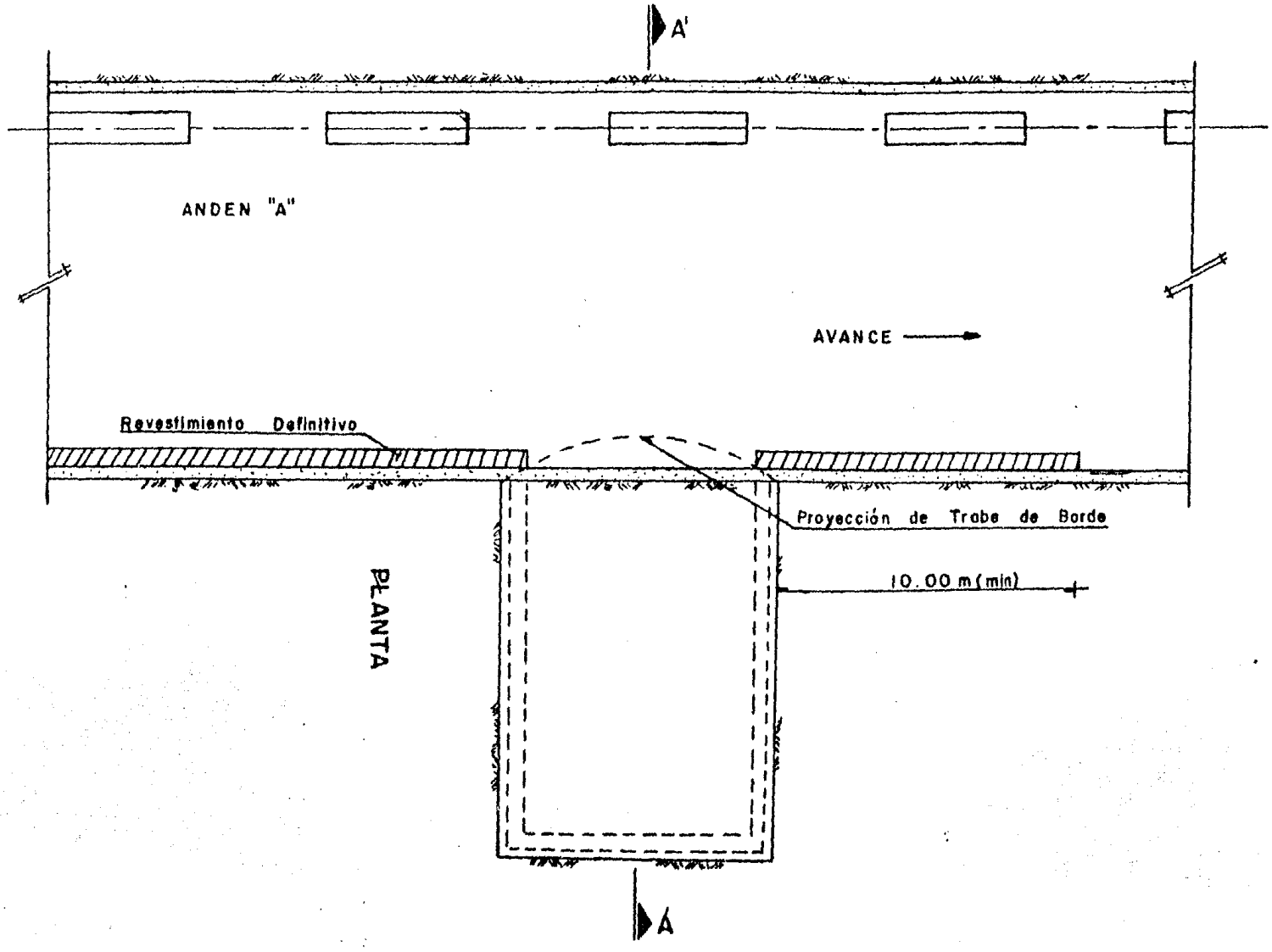


FIG. 7.1 Primera Alternativa

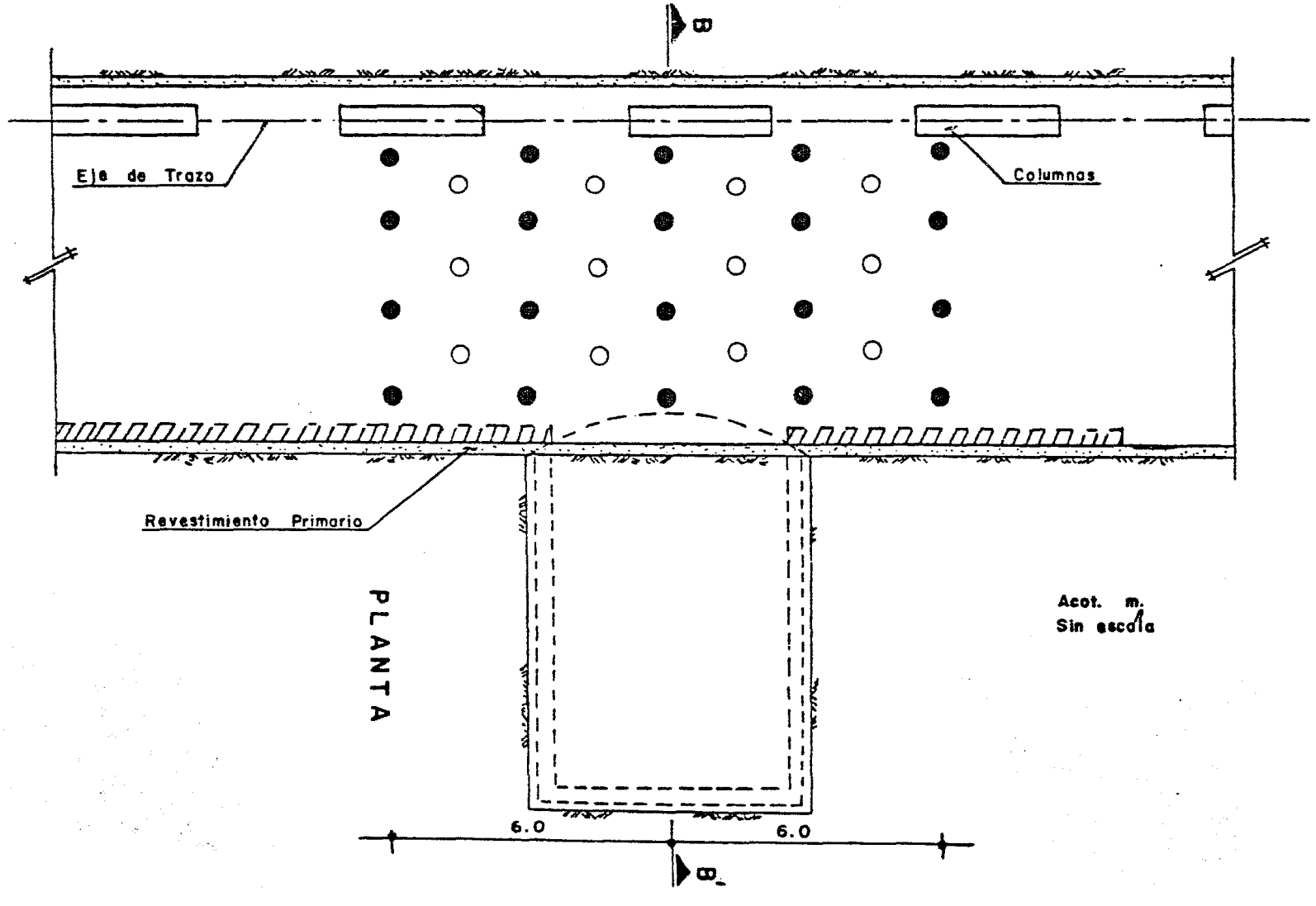


Fig. 7.2 Segunda Alternativa

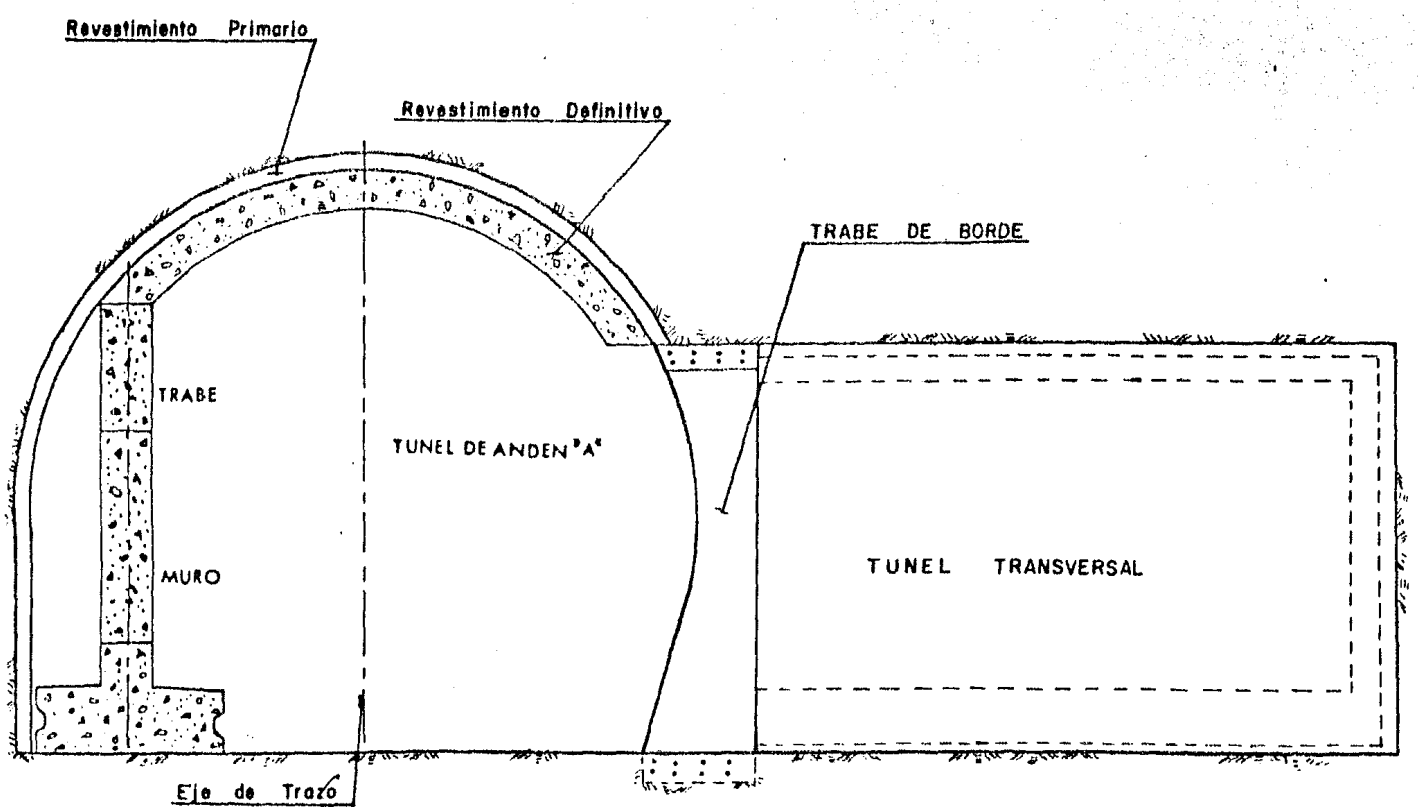


Fig. 7.3 Corte A - A'

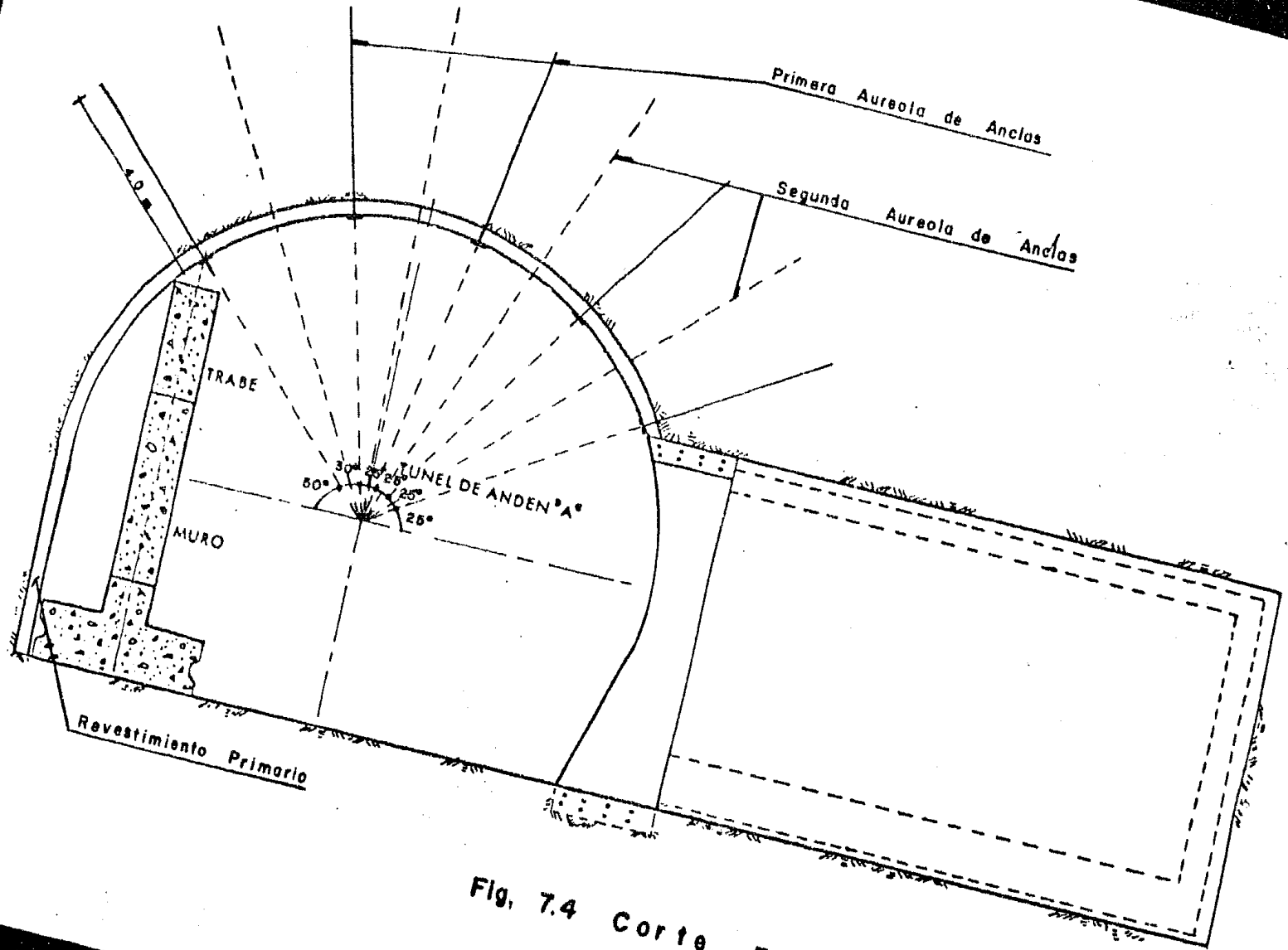


Fig. 7.4 Corte B-B'

longitud y 1" de diámetro (fy= 4200 Kg/cm2), las cuales se alojarán en perforaciones de 2" de diámetro de la misma longitud - que las varillas.

b) Instaladas las anclas, se continuará con el armado y colado- de la trabe de borde en el inicio del Túnel Transversal tal como se muestra en las figuras antes mencionadas.

c) Para iniciar la excavación de los Túneles de Subestación y - Local Técnico, se deberá realizar lo indicado en el inicio "b"- de la primera alternativa.

7.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

Estos Túneles tendrán la sección mostrada en la figura No. 7.5 y una vez seleccionada la alternativa de construcción, se - procederá a iniciar la excavación de los Túneles de Subestación y " Local Técnico " tal como se indica a continuación:

7.2.1 Excavación y Recubrimiento Definitivo

La excavación de estos Túneles se llevará a cabo de igualmanera que para los Túneles de Distribución, también tendrá unsoporte provisional a base de concreto lanzado reforzado con -- una malla electrosoldada, posteriormente se procederá a colocar el ademe definitivo, el cual estará constituido por un muro deconcreto lanzado reforzado con acero de refuerzo cuyo espesor - y armado se muestra en la figura No. 6.7

Después de excavada la sección hasta la longitud de proyecto se procederá a armar la losa de fondo tal como lo muestra la figura anterior, (Fig. No. 6.7), y una vez armada ésta se continuará con el colado, utilizandose para ello concreto hidráulico colocado por bombeo.

A continuación se armará los muros laterales de los Túneles y por último se colocará un muro tapón cuyo armado será elmismo de los muros mostrado en la Fig. No. 6.7.

En el revestimiento definitivo de éstos se utilizará con-- creto lanzado tal como se mencionó anteriormente.

Acot. cms.
Sin escala

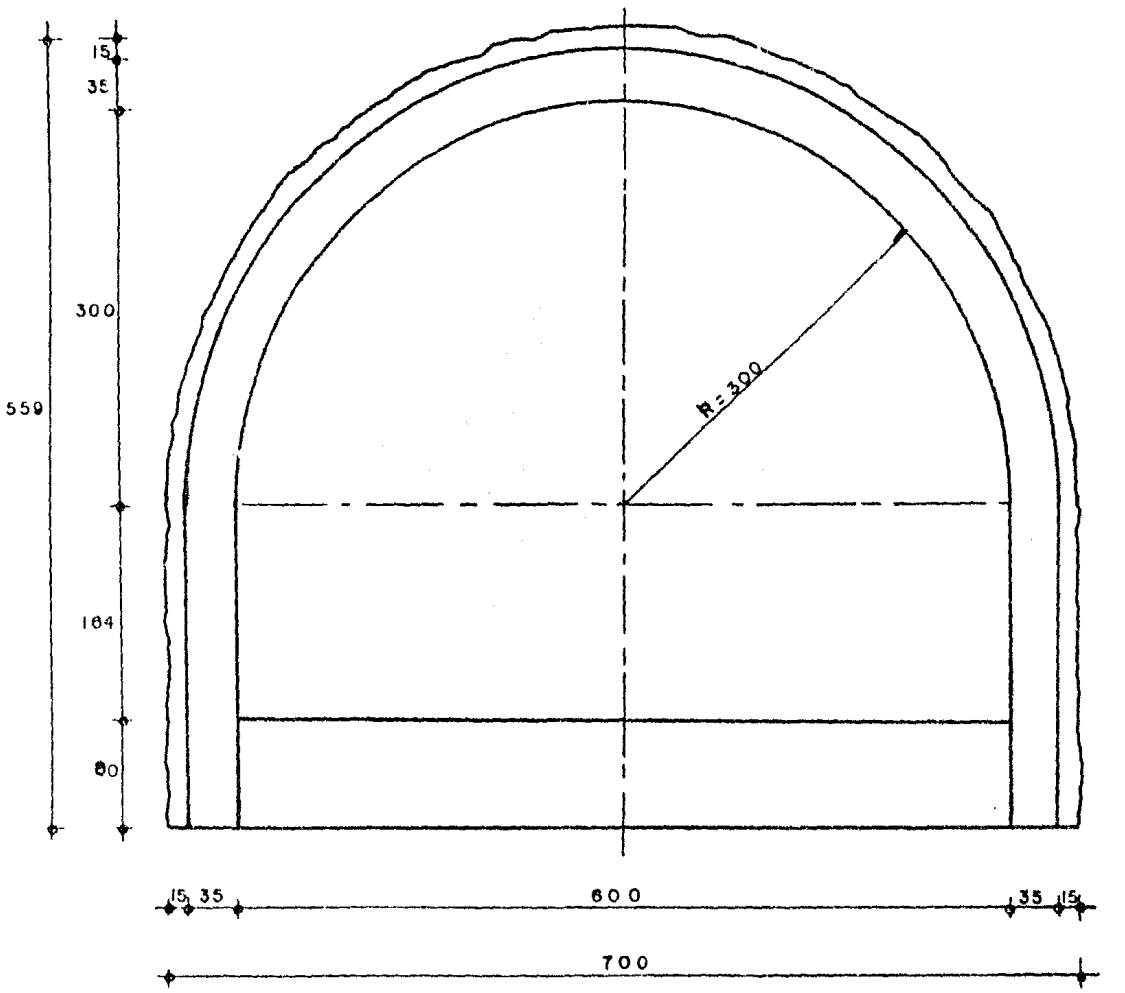


Fig. 7.5 Sección de Subestación y Local Técnico.

C A P I T U L O VIII

A C C E S O S

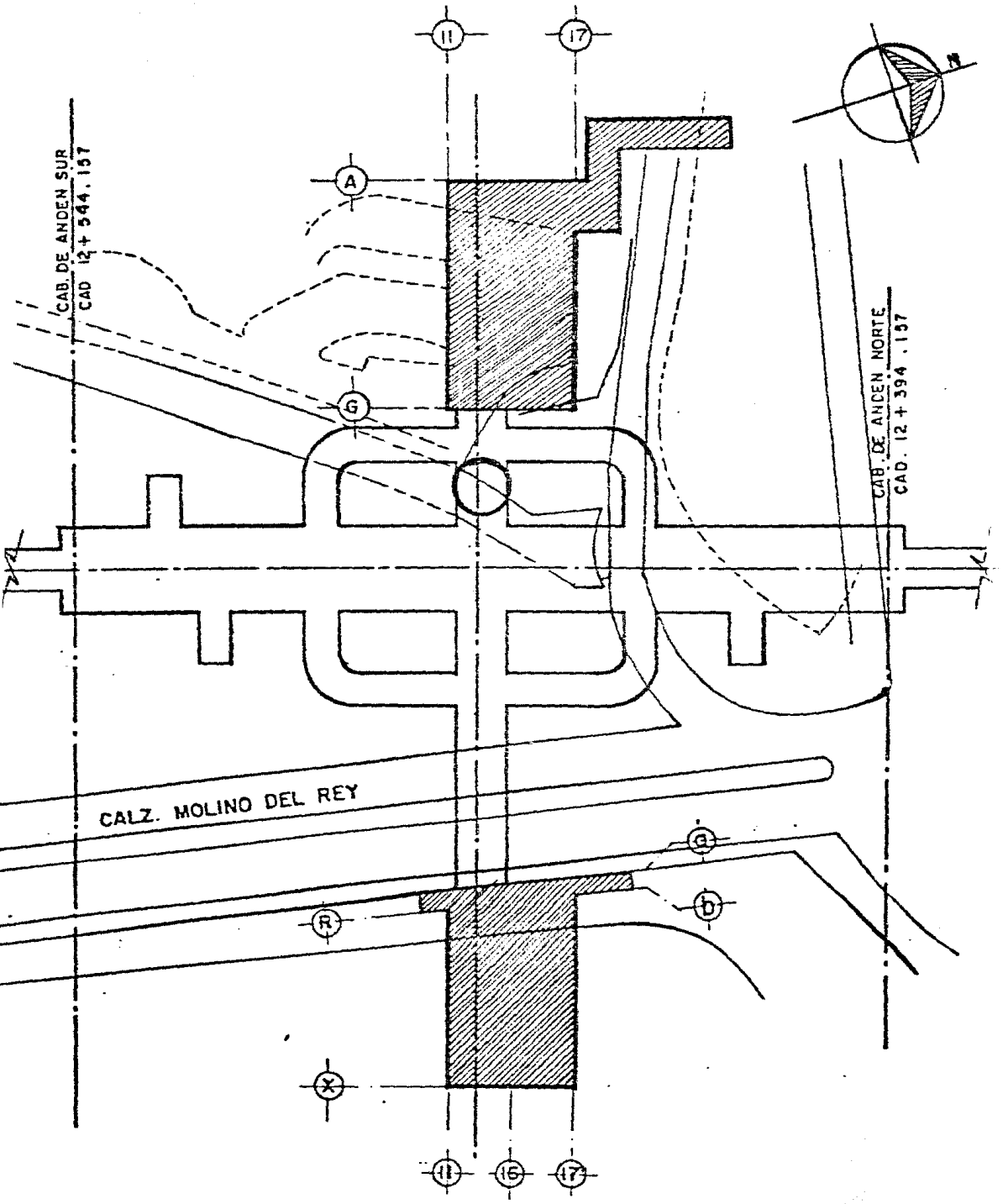


Fig. 8.1 CROQUIS DE LOCALIZACION

A C C E S O S

Los accesos serán los elementos de la Estación que directamente la comunicarán con el exterior; como se mencionó anteriormente serán dos, uno al Poniente del eje de trazo de la -- Línea, y otro al Oriente (Fig. No. 8.1).

Cada uno tendrá dos niveles, el nivel vestíbulo y el nivel descanso; en el nivel vestíbulo quedarán colocadas las taquillas, torniquetes, servicios, etc., mientras que en el nivel descanso será donde se ligue el túnel inclinado con los -- accesos, el cual deberá estar revestido en forma definitiva antes de iniciar la excavación de los accesos.

La excavación y construcción de éstos se realizará a cielo abierto y por etapas, tal como se describe a continuación:

8.1 ACCESO ORIENTE

Las etapas constructivas de este acceso se muestran en -- las figuras Nos. 8.2 y 8.2-a y son las siguientes:

8.1.1 Excavación y Construcción del Acceso a partir del Terreno Natural hasta el Nivel Vestíbulo

Esta etapa (Etapa 1), corresponde al área comprendida - entre los ejes "b"-"x" y "11"-"17", cuya excavación alcanzará el nivel vestíbulo; ésta se hará entre taludes perimetrales cuya inclinación será de 0.20:1 (horizontal a vertical) protegiendolos con una capa de concreto lanzado de 5cm. de espesor sin malla de refuerzo.

En cuanto se alcance la máxima profundidad de excavación del nivel vestíbulo (43.88m), 8.00m de profundidad, se colará inmediatamente una plantilla constituida por concreto pobre de 10 cms. y posteriormente se procederá a colar la losa de -- piso; el límite de colado, tanto de la plantilla como de la losa, será a 50 cms. de separación del hombro del talud que se - abrirá durante la excavación de la segunda etapa y limitada -- por los ejes "16"-"17" y "V"-"X" (Fig. No. 8.3).

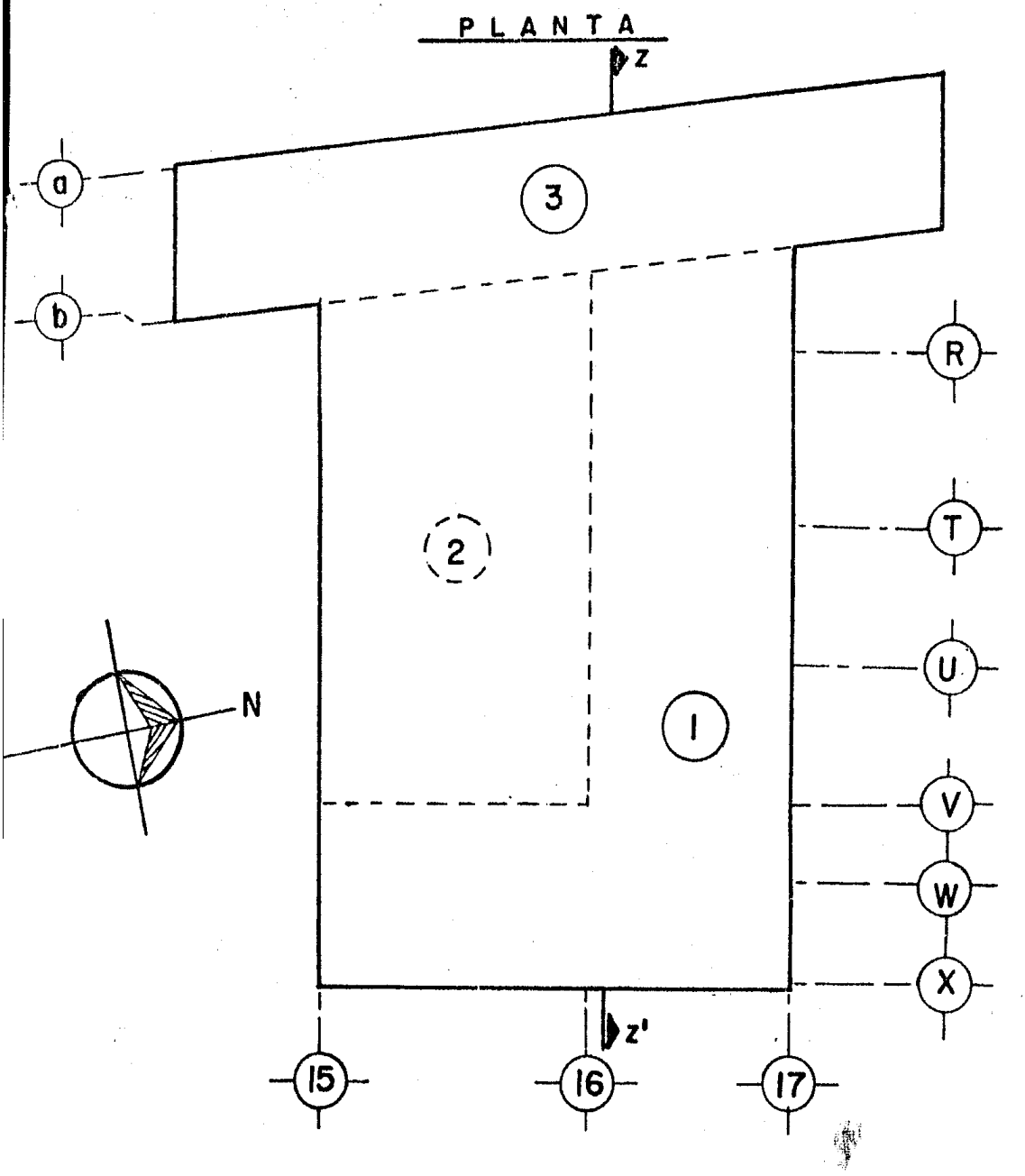


Fig. 8.2 Etapas constructivas Acceso Ote.

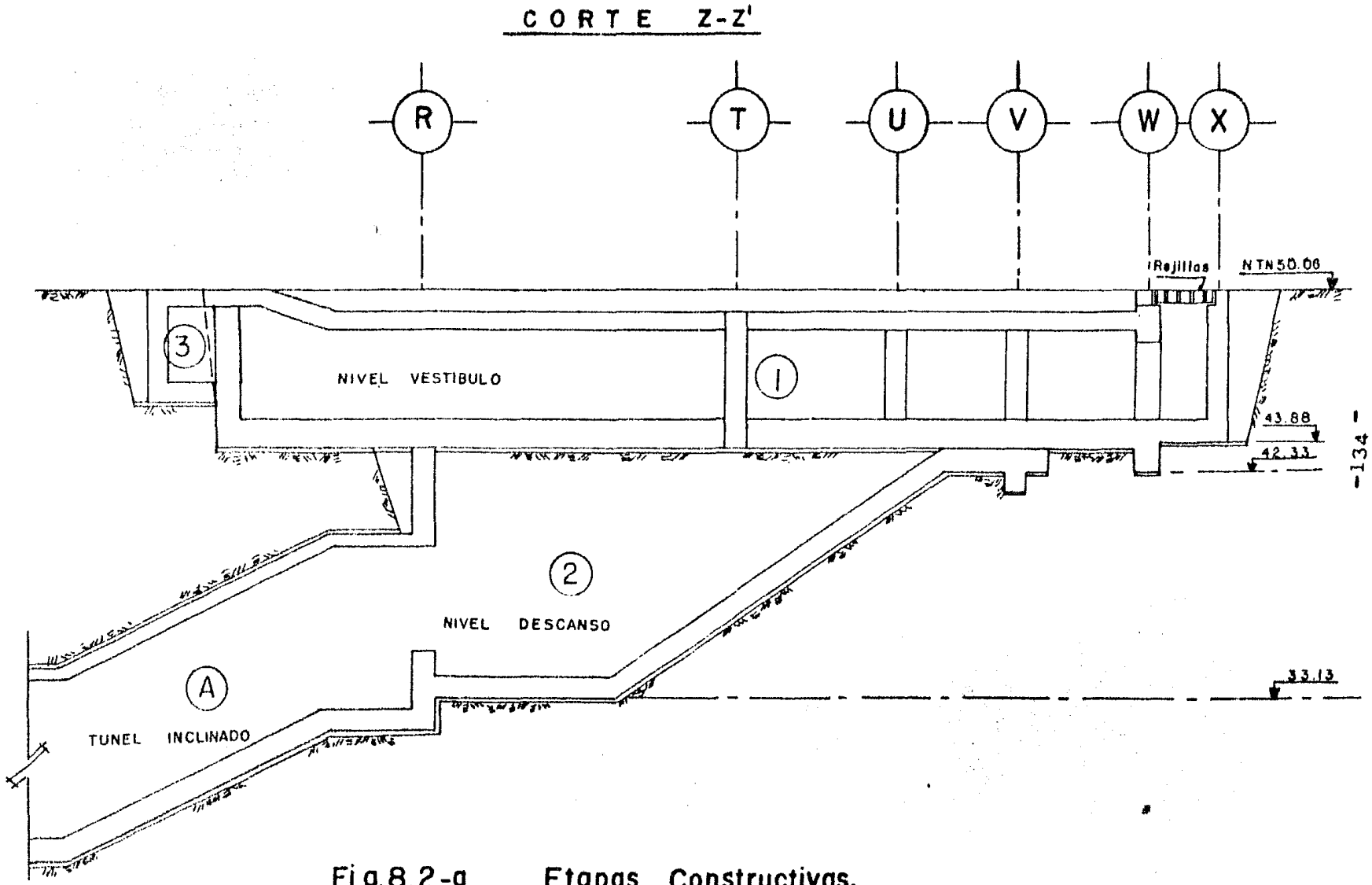
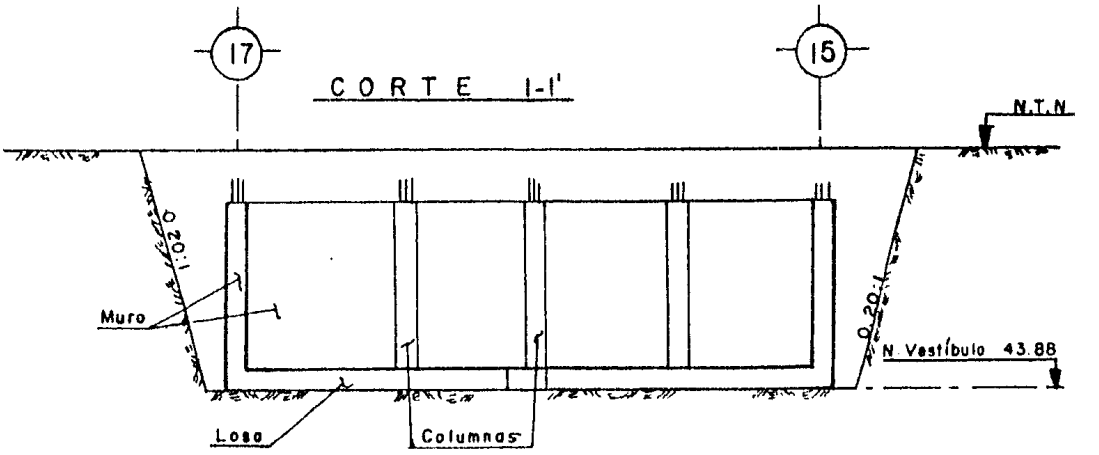


Fig. 8.2-a Etapas Constructivas.



Durante el colado de la losa de piso deberán dejarse las preparaciones necesarias para realizar la liga estructural -- con el resto de la losa, con los muros perimetrales y con las columnas correspondientes.

Veinticuatro horas despúes, podrá iniciarse el cimbrado, armado y colado de los muros correspondientes a los ejes "X"- y "17" y parte del muro del eje "11", columnas C, e iniciar - el proceso de excavación de la Etapa 2.

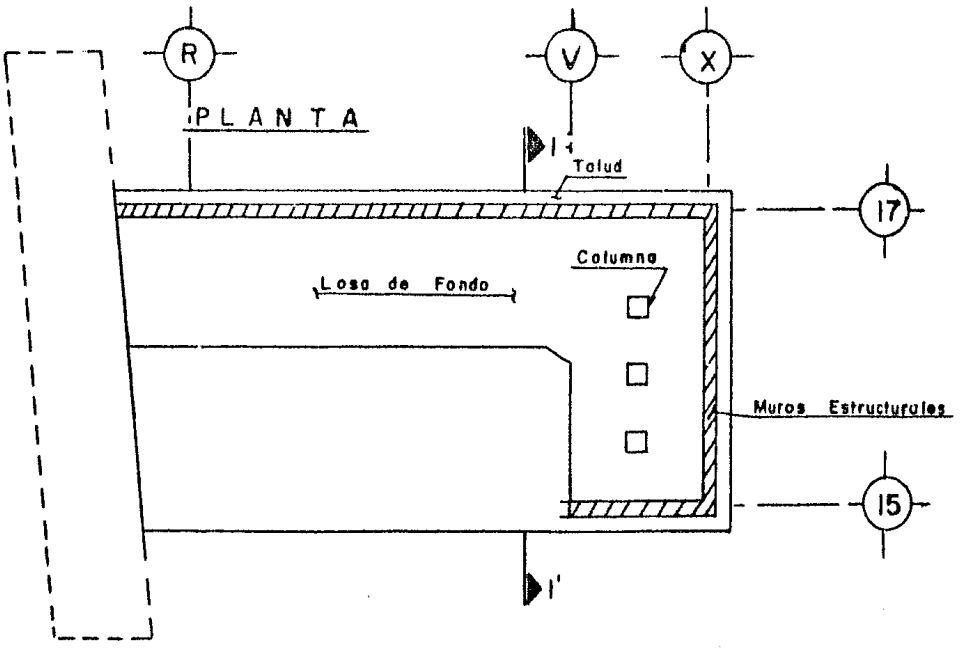


Fig. 8.3 Etapa (1) Nivel Vestíbulo.

8.1.2 Excavación a Nivel descanso

La profundidad de excavación de la Etapa 2, será de 9.20m desde el nivel 33.13 (Fig. No. 8.4); de igual manera que la -- etapa anterior, ésta se limitará por taludes y por los ejes -- "R"-"V" y "11"-"16".

Concluida la excavación, se colará la plantilla y poste-- riormente se colará la losa de piso de la rampa de la escalera; durante su construcción se dejarán las preparaciones para realizar la liga estructural con los muros laterales, los que se-- armarán y colarán después de haber construido éste.

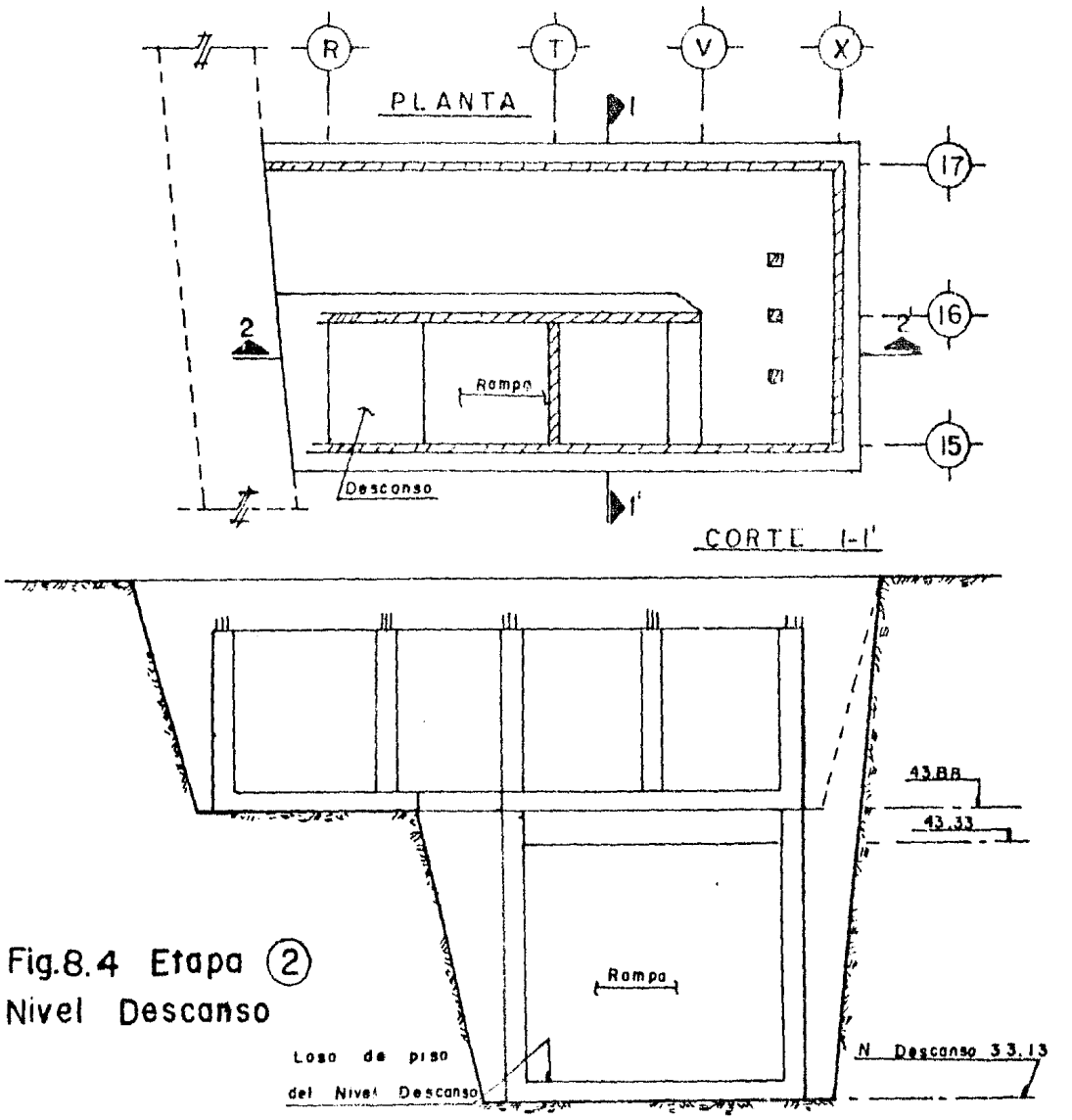


Fig.8.4 Etapa (2)
Nivel Descanso

Por último se construirá la estructura de liga del nivel-descanso con el túnel inclinado, tanto en la losa de piso como en la clave; para ésto se construirá un muro que nos ligue a la clave del túnel con la losa de techo del nivel descanso.

También dentro de esta etapa se rellenará el espacio entre el muro del eje 16 y el talud adyacente a él; realizado lo anterior, deberá continuarse la construcción de la losa de fondo del nivel vestíbulo hasta el eje 16 y construir la losa de techo del nivel descanso; comprendida entre los ejes "b"-"T" y "15"-"16", utilizando para ello tabletas prefabricadas. (Fig-No. 8.4-a)

Se continuará el muro del eje "16". entre los ejes "R - T" desde el Nivel Vestíbulo hasta la altura de proyecto.

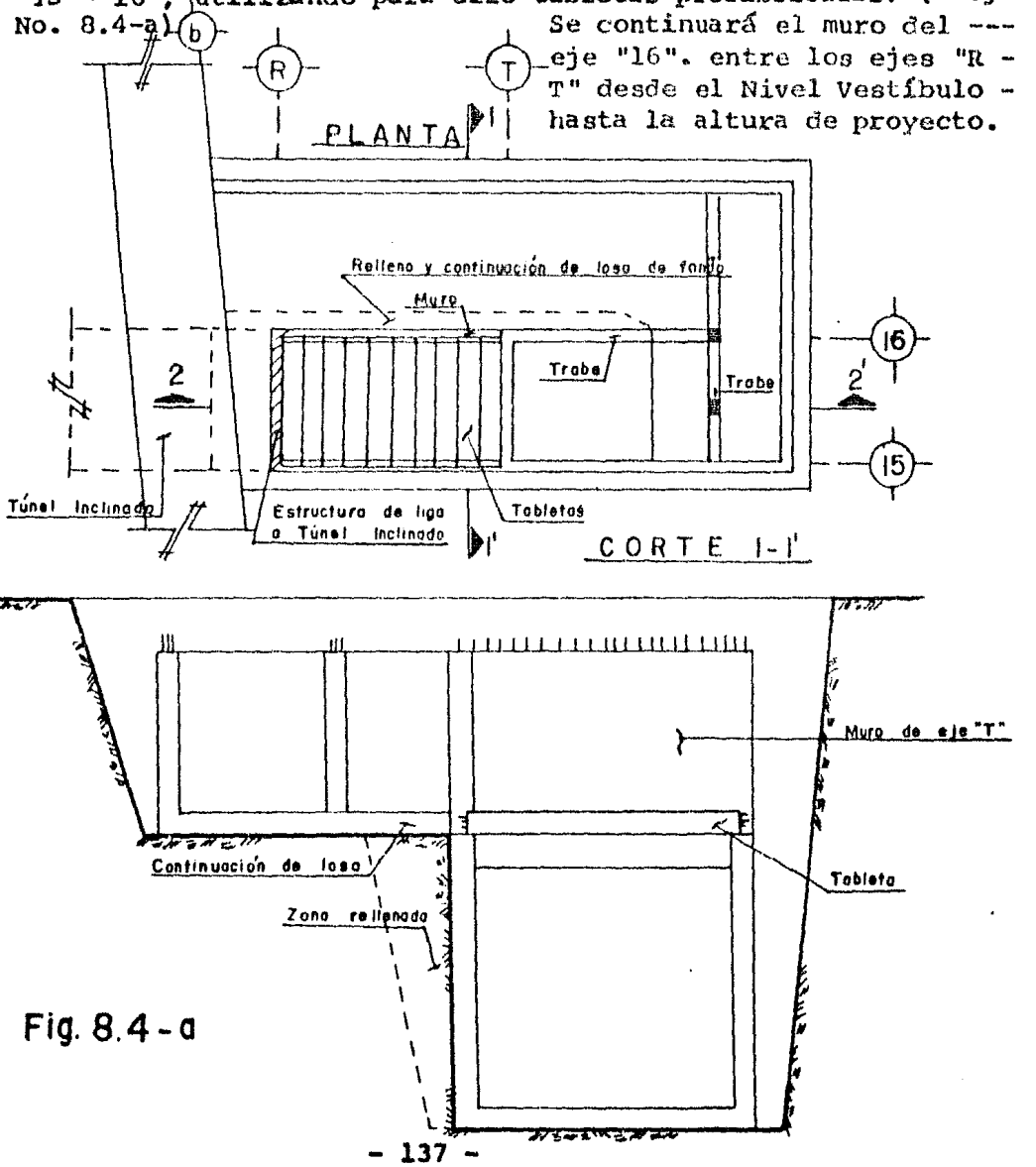


Fig. 8.4 - a

También en esta etapa se construirán las columnas c-2 de los ejes " U " y " V ", y el muro ó trabe T-1 del eje " T ". (Ver planta de la fig. 8.4 y el corte 2-2 de la misma --- figura.), y sobre éstas se construirá una trabe entre los --- ejes "T" y "W" y -- otra en el mismo -- eje "W" entre los - ejes "15-16" para - apoyar las regillas de ventilación.

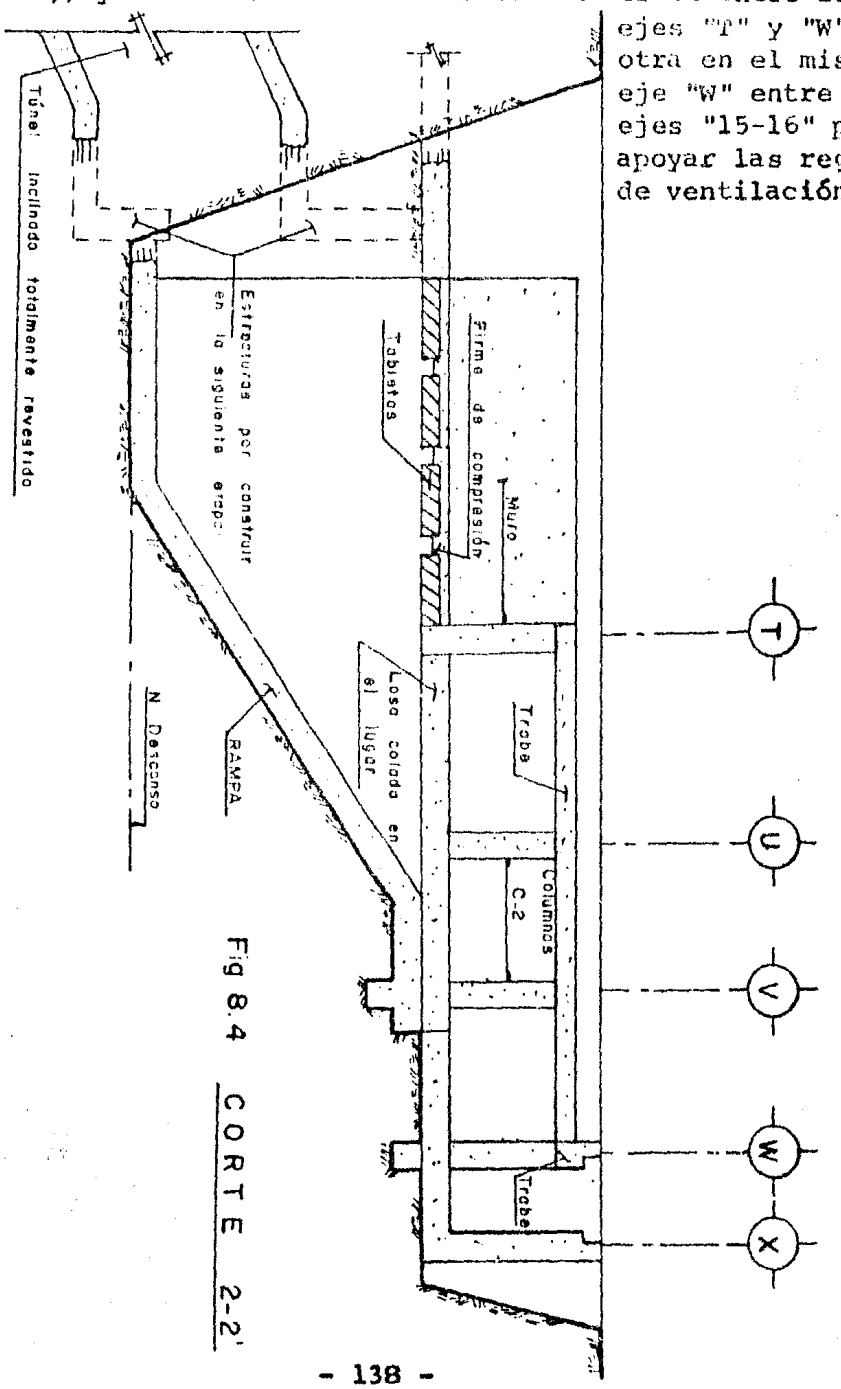


Fig 8.4 CORTE 2-2'

8.1.3 Rampas de Escaleras para Bajar al Acceso (Etapa 3)

Esta etapa comprende la rampa de escaleras desde el nivel del terreno natural hasta el nivel vestíbulo, entre los ejes - "a" y "b"; la excavación de ésta se hará en forma similar a la Etapa No. 2, es decir, con profundidades variables, conformando las rampas de escaleras entre los niveles mencionados.

Concluida la excavación se estará en condiciones de construir todos los elementos estructurales de esta etapa (Fig. - No. 8.5).

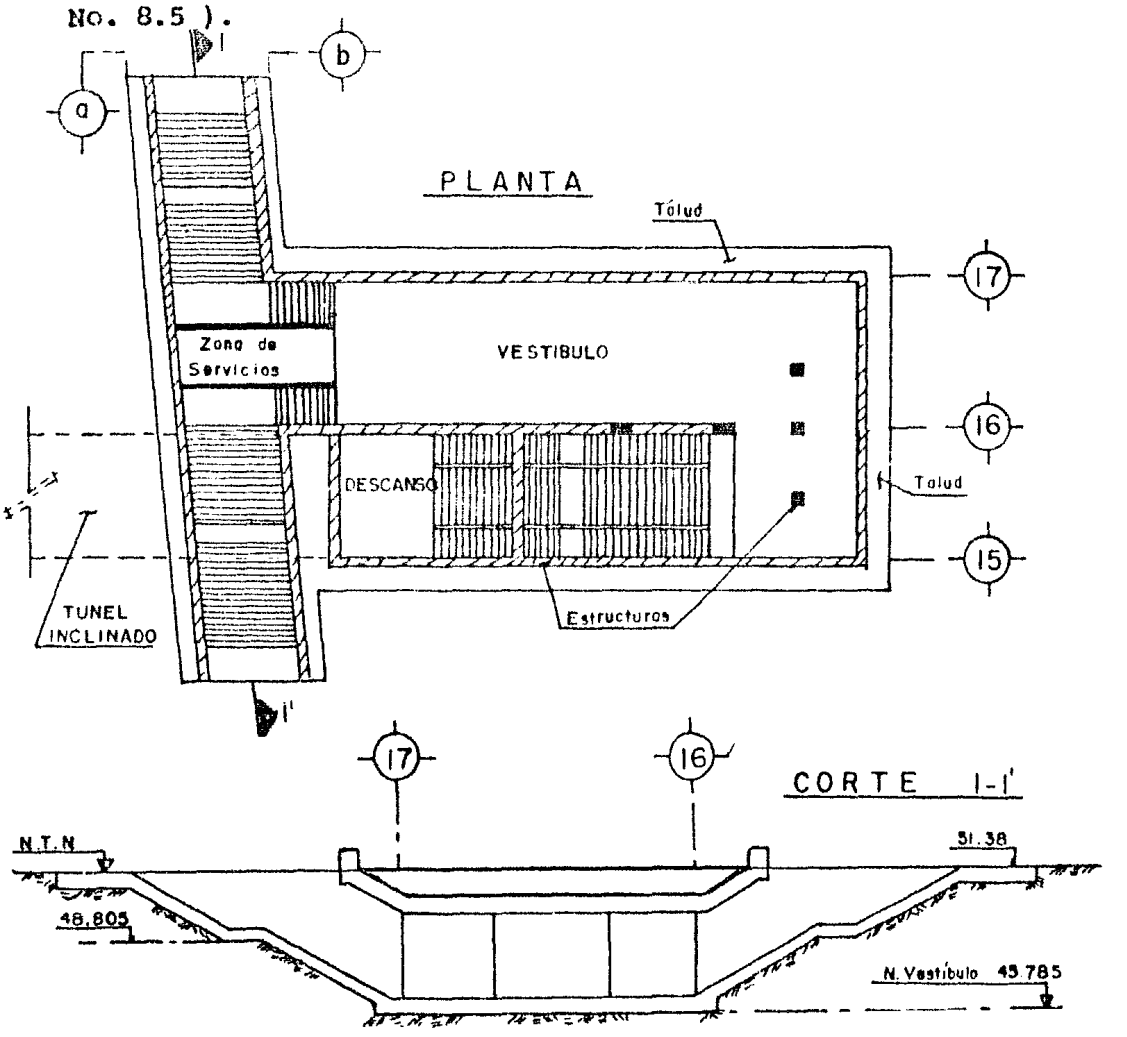


Fig.8.5 Etapa ③ Rampas para escaleras.

8.1.4 Rellenos y Losa de Techo

Será condición necesaria para iniciar la colocación del --- material de relleno en el respaldo de los muros estructurales -- (Fig. No. 8.6), que éstos adquieran cuando menos el 75 % de su resistencia. El material de relleno será arenoLimoso tipo tepetate, cuyo contenido de partículas que pase la malla No. 200 no -- exceda el 25 %; se colocará en capas de 30cms. de espesor; la -- primera se compactarán al 85 % de su peso volumétrico seco máximo, con respecto a la prueba AASTHO estándar T-99 variante "A" y energía de compactación de 6.02 Kg/cm3, y las últimas cuatro capas se compactarán al 90 % con relación a la misma prueba.

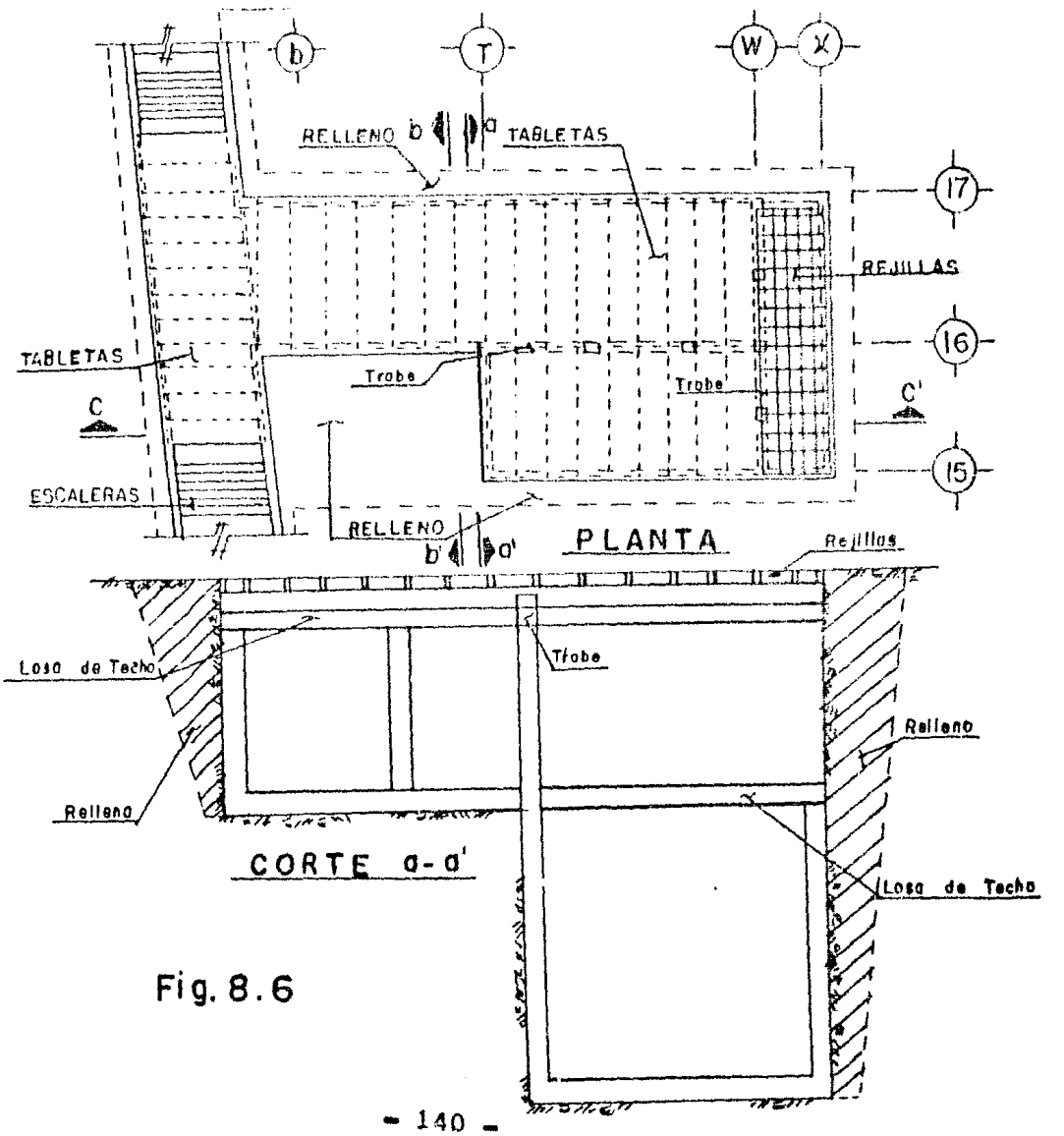


Fig. 8.6

El área definida por los ejes "b-T" y "15-16", se rellenará una vez que la losa de techo del nivel descanso adquiera la resistencia de proyecto. (Fig. No. 8.6). El materila de relleno y su colocación se realizará de acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior.

La construcción de la losa de techo del nivel vestíbulo se llevará a cabo cuando los muros estructurales (Perímetrales) adquieran el 100 % de su resistencia, ligandola estructuralmente a los muros y a las columnas correspondientes, utilizando -- tabletas precoladas.

En la zona comprendida entre los ejes "W" y "X" quedarán - colocadas las rejillas de ventilación (Figs. Nos. 8.6 y 8.6-b).

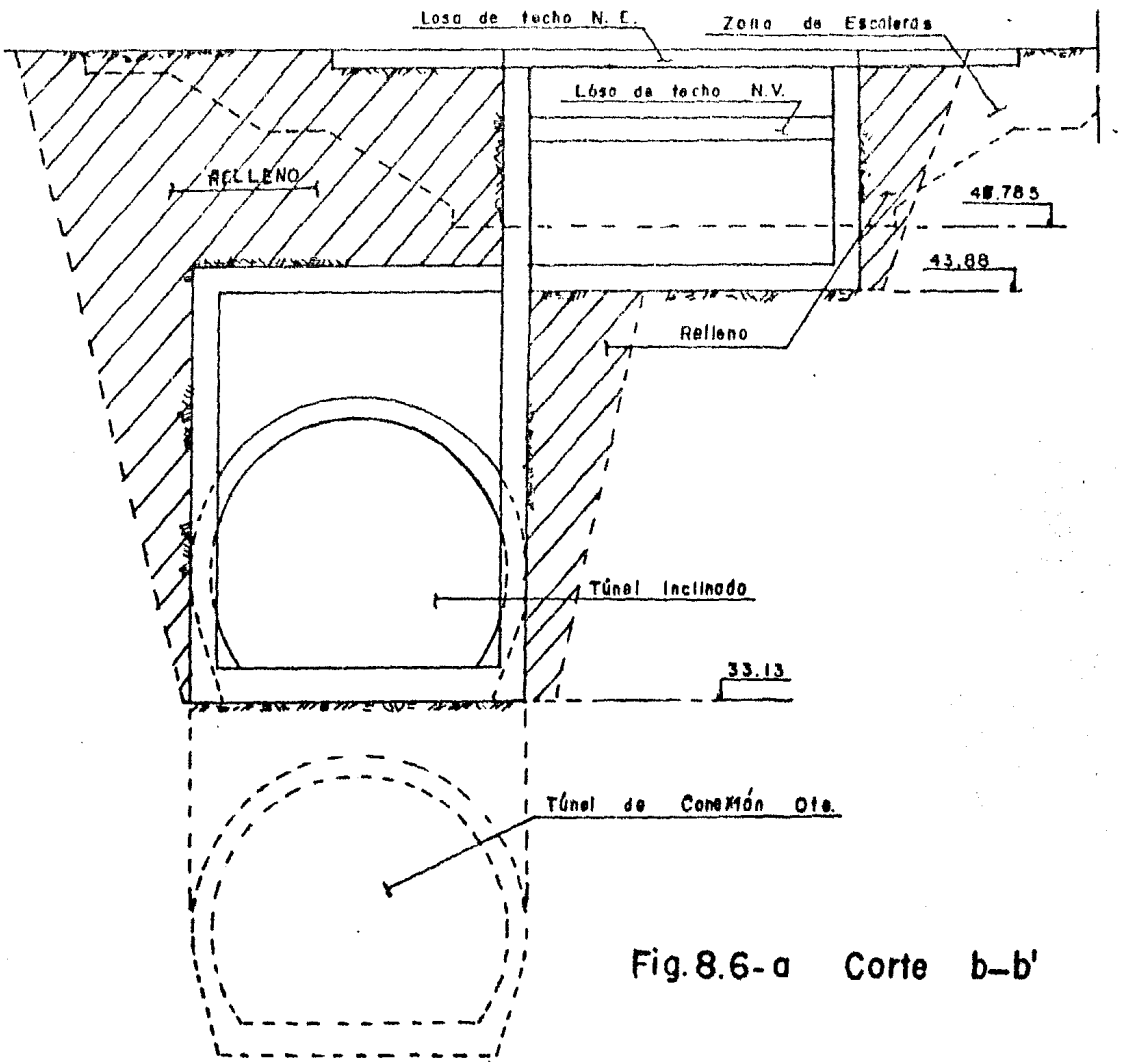
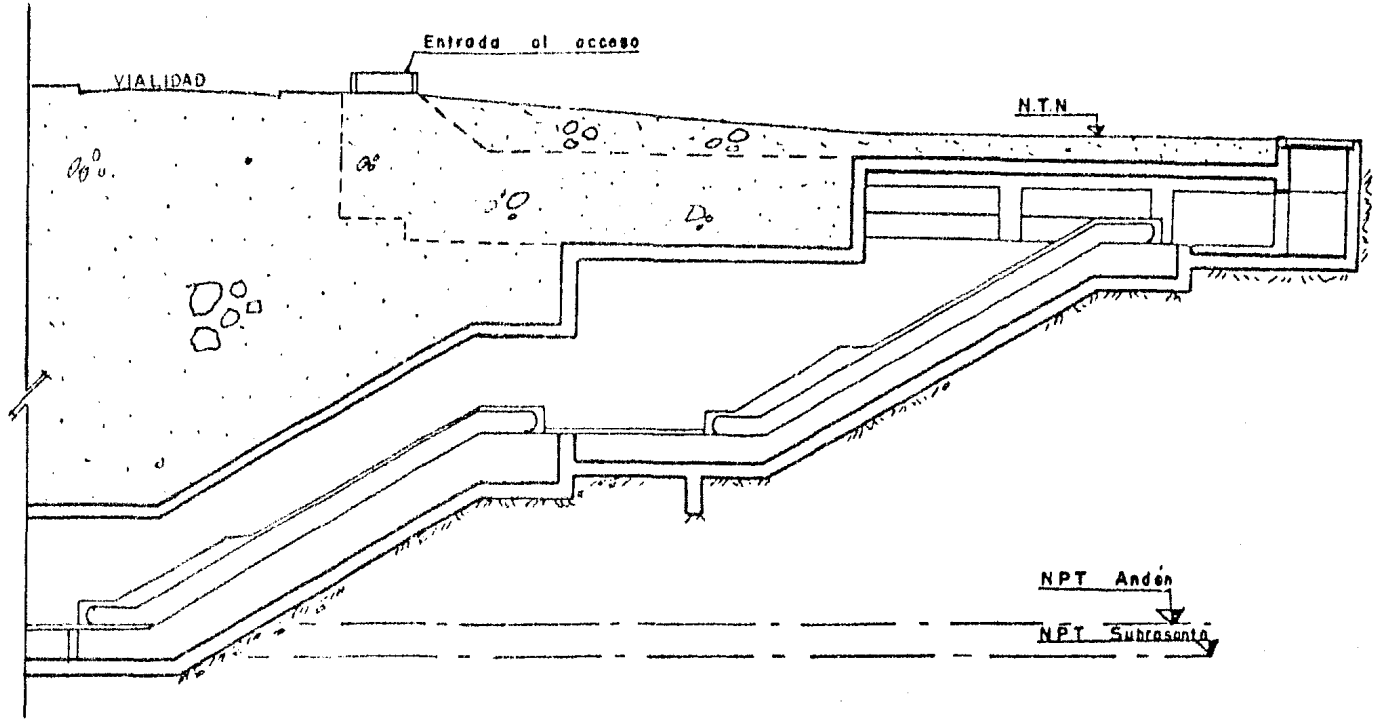


Fig. 8.6-a Corte b-b'

Fig. 8.6-b Corte longitudinal del Acceso Ote.

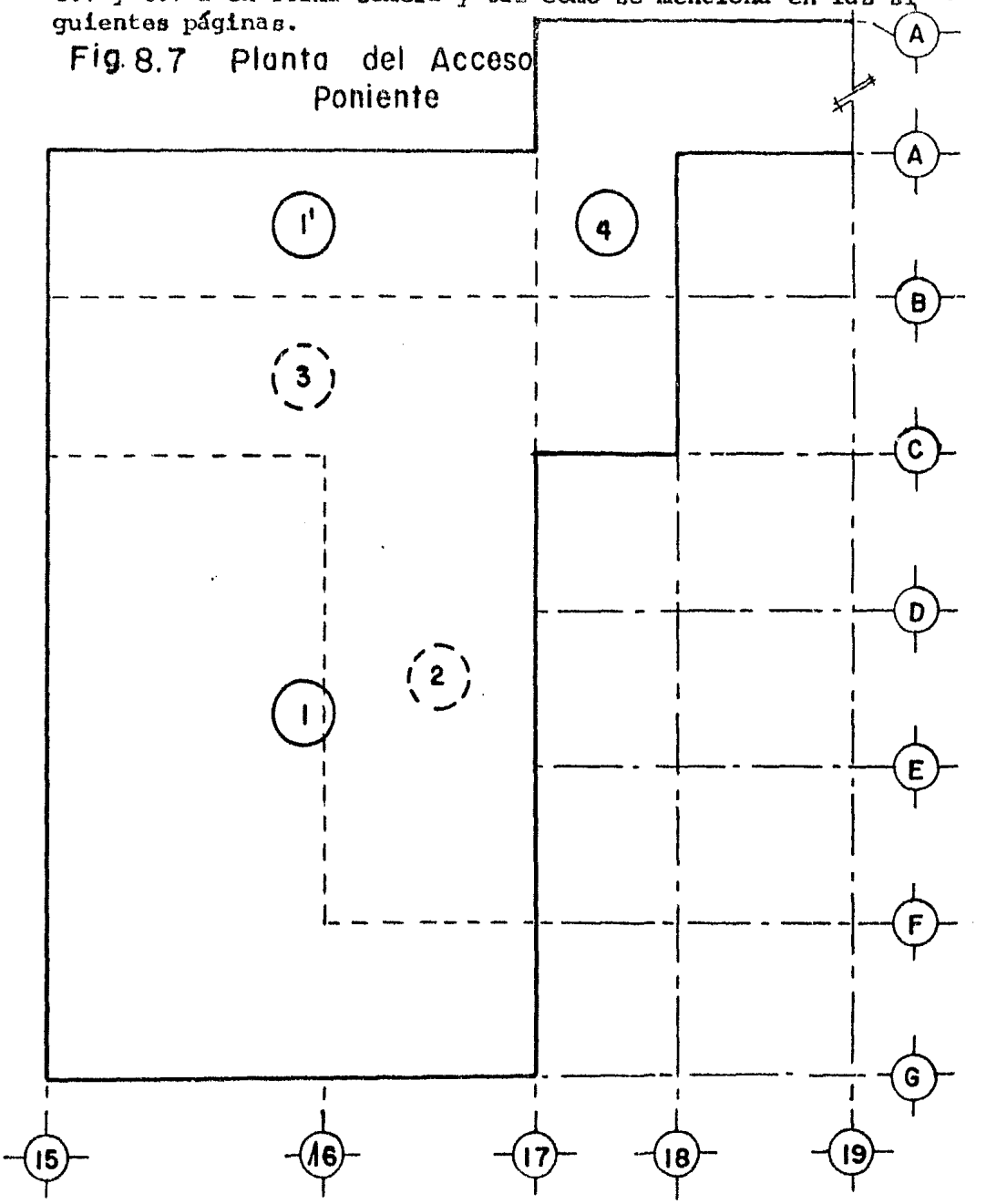


CORTE C-C'

8.2 ACCESO PONIENTE

El proceso constructivo de este acceso será de alguna manera muy similar al proceso constructivo del Acceso Ote; por tal motivo únicamente se describirán las etapas de las figuras Nos.- 8.7 y 8.7-a en forma somera y tal como se menciona en las siguientes páginas.

Fig. 8.7 Planta del Acceso Poniente



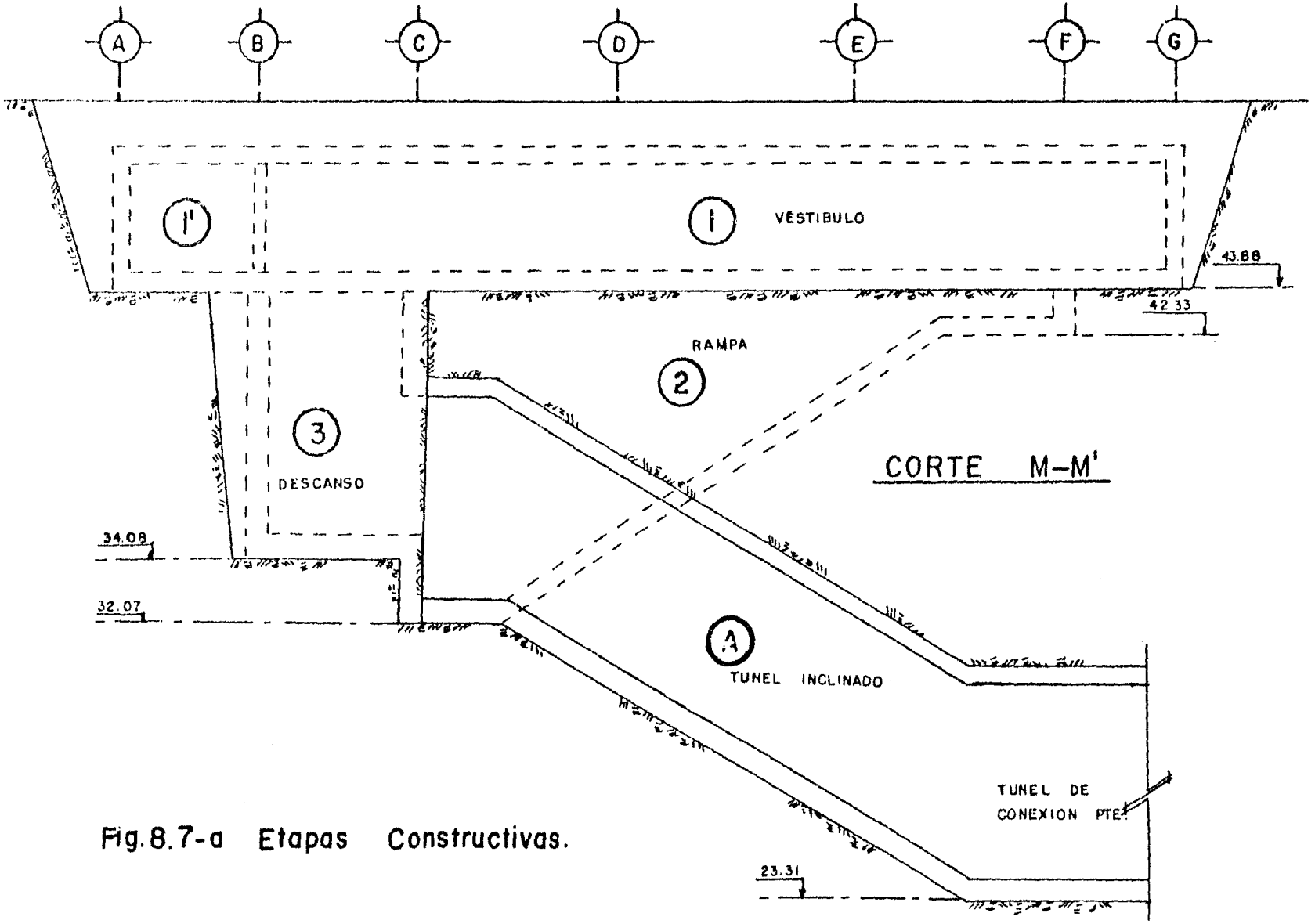


Fig. 8.7-a Etapas Constructivas.

8.2.1 Excavación y Construcción a partir del Terreno Natural -- hasta el Nivel Vestíbulo

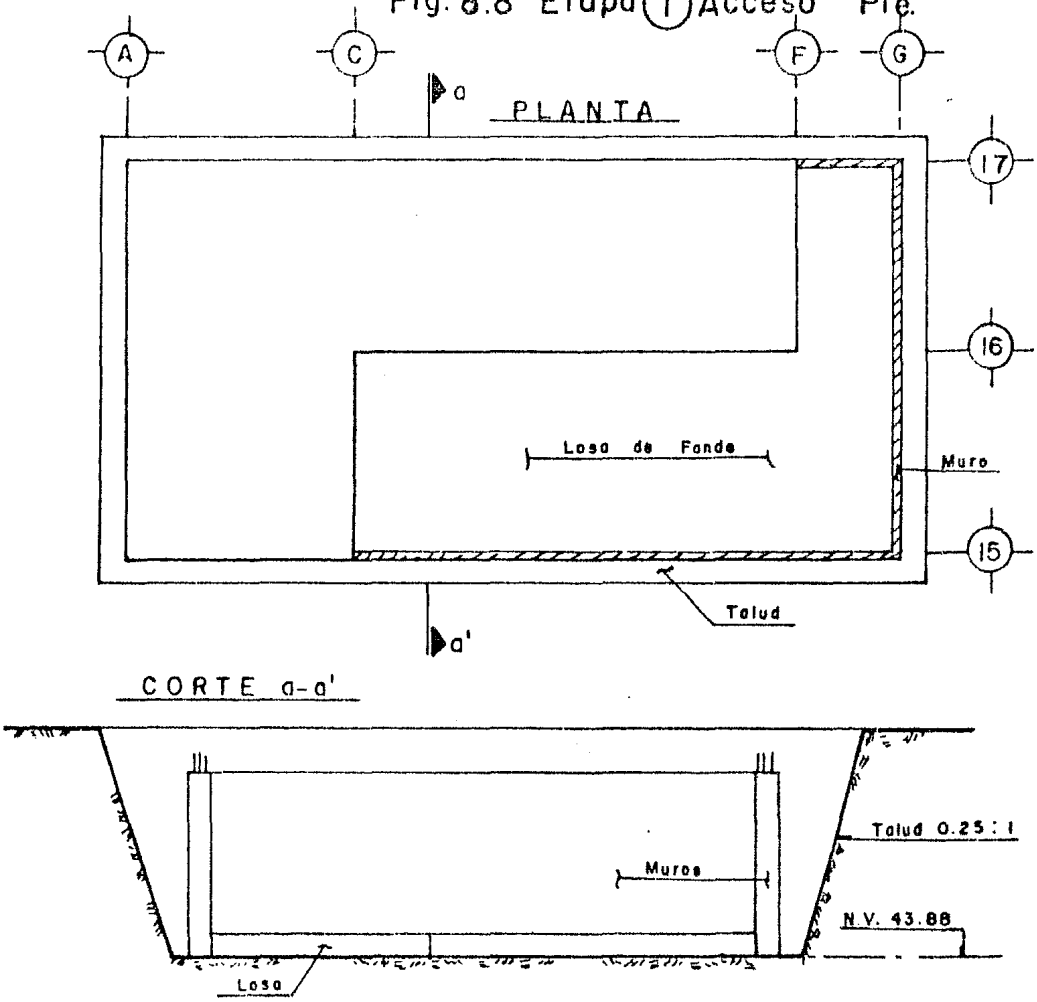
Esta etapa comprende las siguientes actividades:

Excavación a partir del terreno natural hasta el nivel vestíbulo entre taludes 0.25:1 (Horizontal a Vertical) de la zona comprendida entre los ejes "A-G" y "15-17".

Colado de plantilla y losa de fondo entre los ejes "15-16", "C-G" y "F-G" y "16-17".

Armado, cimbrado y colado de muros perimetrales en los ejes "17", "15" y "G".

Fig. 8.8 Etapa (1) Acceso Pte.



8.2.2 Excavación y Construcción a partir del Terreno Natural -- hasta el Nivel Descanso

Será condición necesaria para continuar la excavación del - acceso entre los niveles anteriores, que se haya colocado el revestimiento definitivo en toda la longitud del túnel inclinado - (Etapa A) y cuyo proceso de construcción se describirá posteriormente.

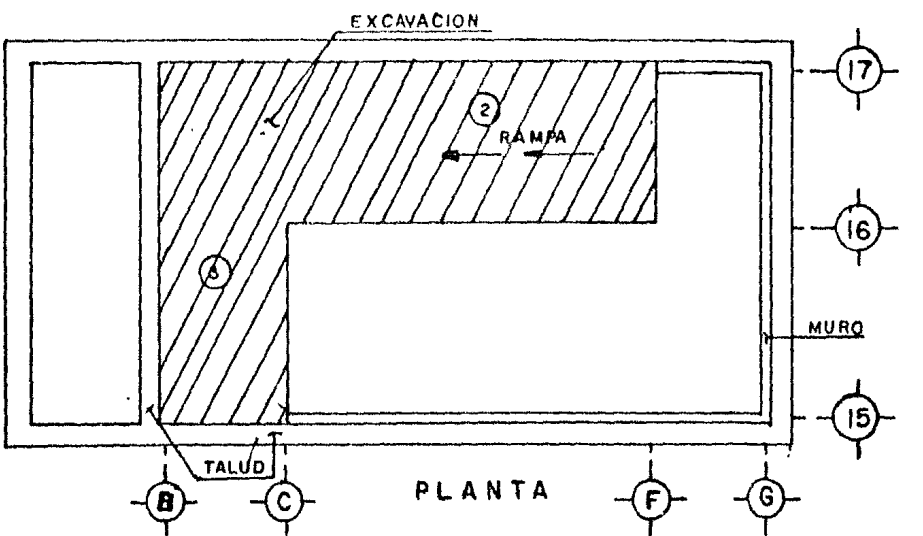
Una vez cumplida la condición anterior, se continuará con - la excavación correspondiente hasta alcanzar la profundidad de - desplante del nivel descanso (Nivel 34.08 m).

Esta se identifica en la fig. No. 8.7-a con las etapas 2 y- 3.

La excavación de la etapa 2, comprendida entre los ejes --- "17-16" y "C-F", estará definida por la pendiente de proyecto de las escaleras; del lado norte y sur, dicha excavación contará -- con un talud 0.20:1 (Horizontal a Vertical) y un corte vertical respectivamente.

La excavación de la etapa 3, comprendida entre los ejes --- "17-15" y "B-C", estará limitada por taludes cuya inclinación -- será de 0.20:1, a excepción del lado oriente, la cual estará definida por un talud vertical entre los ejes "16-15" y por la pendiente de proyecto de escaleras entre los ejes "17-16" (Ver figura No.

Fig. 8.9 Excavación de etapas 2 y 3.



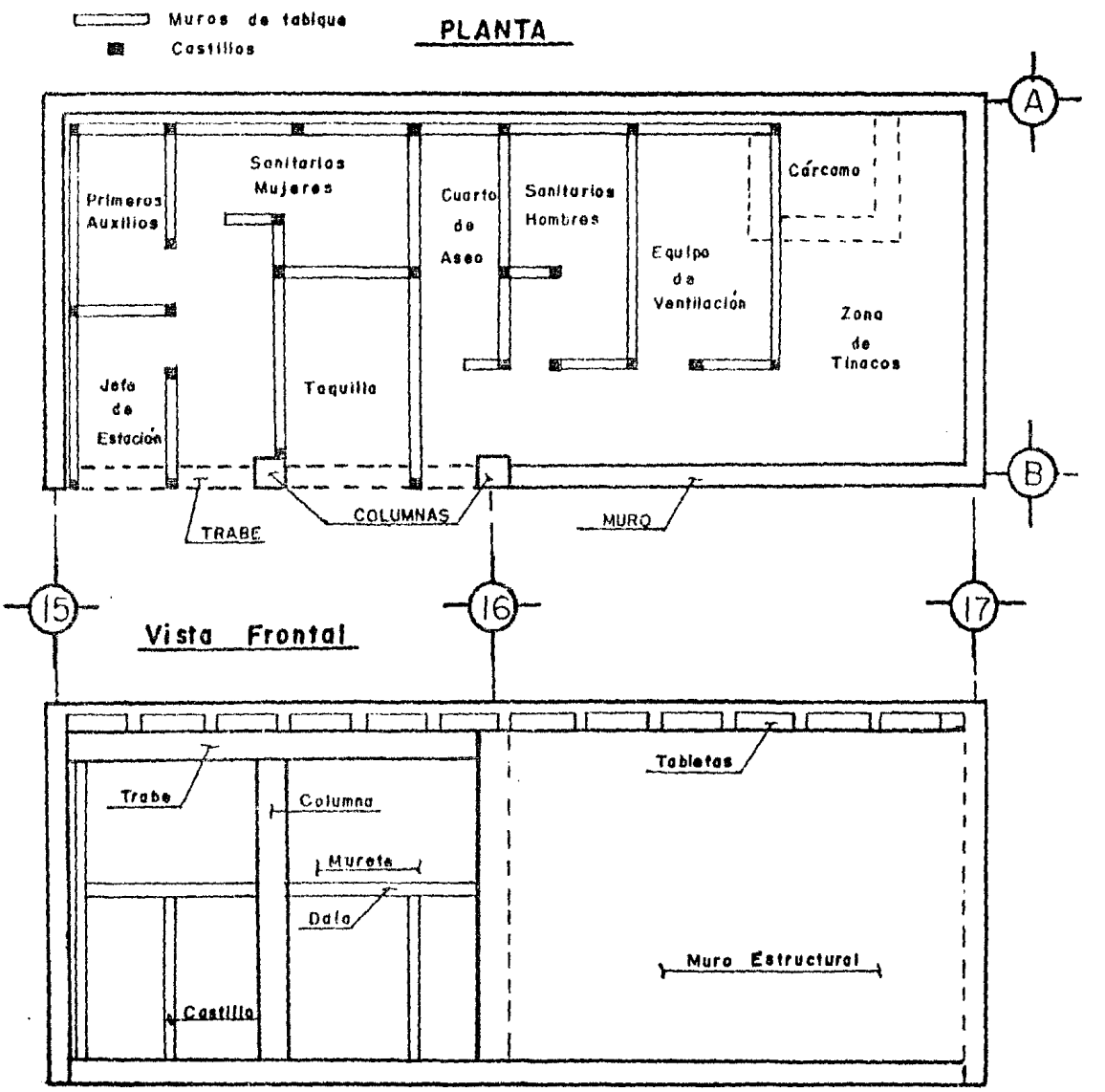


Fig. 8.9-a Zona de Servicios.

8.2.3 Excavación y Construcción de la Zona 4, Rellenos y Losa de Techo

Esta zona estará limitada por los ejes "17-18" , "A'-D" y - "18-19", "A'-A" y por taludes perimetrales 0.10:1, además por la pendiente de proyecto de las escaleras entre los ejes "A-B" y - "17-18".

Después de que se llegue al nivel máximo de excavación se estará en condiciones de estructurar la zona y forjar los escalones de la rampa.

Simultáneamente a las actividades anteriores se realizará el relleno del espacio existente entre los muros y los taludes. El material y la forma de rellenar serán idénticos a los mencionados en el inciso 8.1.4.

También conforme se vaya estructurando la zona 4 podrá --- construirse la losa de techo del nivel descanso (losa de piso para el nivel vestíbulo) entre los ejes "15-17" y "B-C", y una vez concluida ésta se continuará con la construcción del techo del nivel vestíbulo entre los ejes "C-A" y "15-17", y por último se construirá la losa de techo de la zona 4 (Figs. Nos. --- 8.10,a, b y c).

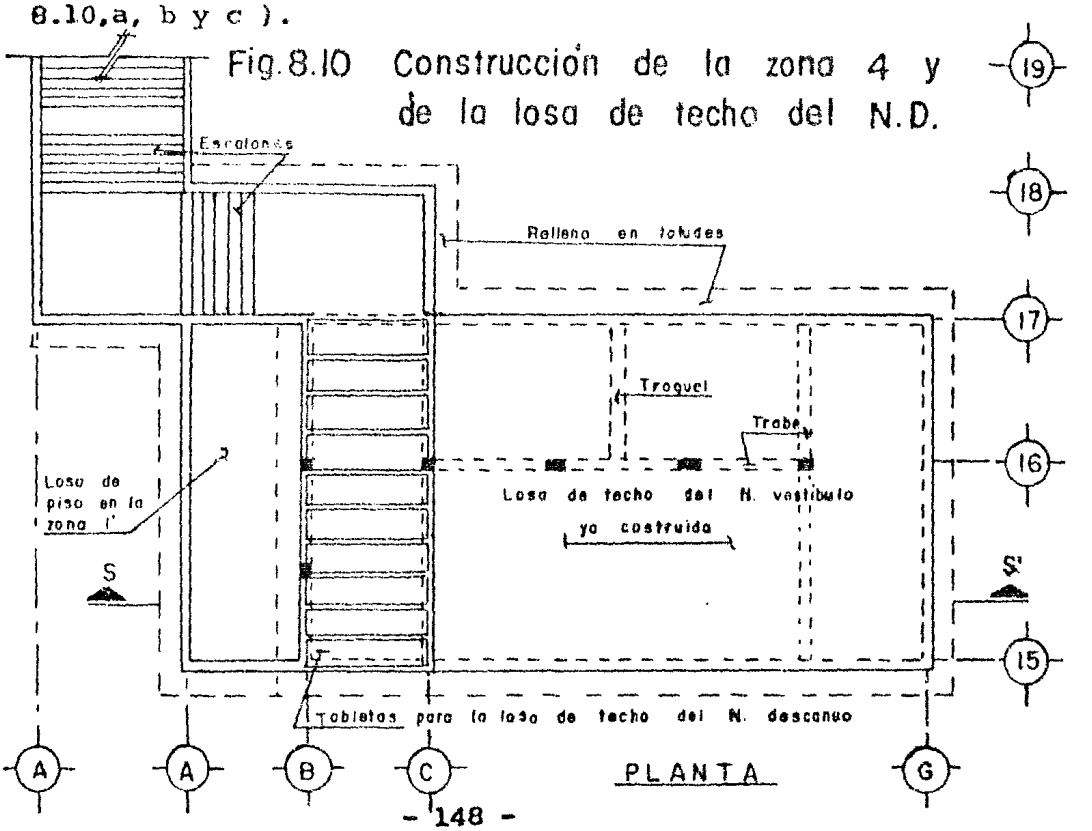


Fig. 8.10 Construcción de la zona 4 y de la losa de techo del N.D.

La estructuración de las etapas 2 y 3, deberán llevarse a cabo de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación:

Después de alcanzada la profundidad de proyecto de la etapa 2 y excavada la etapa 3, se construirá la contratrabe CT-1- en el eje "C" (Fig. NO. 8.10-a), estructura que nos logará a la losa de fondo del nivel vestíbulo con el túnel inclinado entre los ejes "15" y "16" y como troquel entre los ejes "16" y- "17" (Fig. No. 8.10-a-b).

Posteriormente se colará una plantilla de concreto pobre- y se armará y colará la losa de fondo en la etapa 3 y en la -- rampa de la etapa 2.

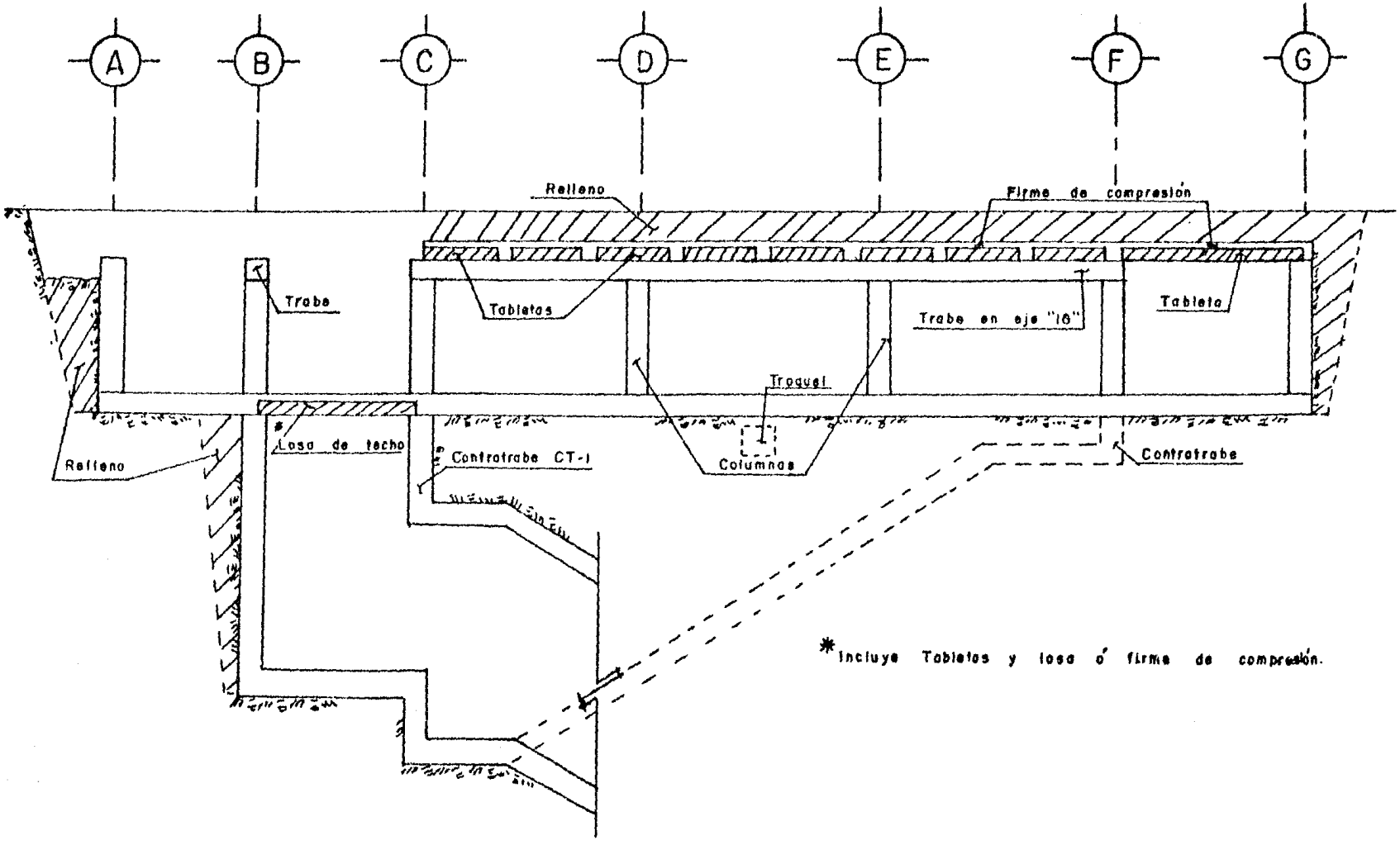
Se construirán los muros de los ejes "15", "16" y "17" y- una vez que el muro del eje "16" haya adquirido la resistencia de proyecto se construirán sobre éste columnas en los ejes "B", "C", "D", "E" y "F", desde el nivel vestíbulo hasta la altura- de proyecto, y posteriormente la trabe de apoyo para las tabletas de la losa de techo (Fig. No. 8.10-a).

Dentro de esta misma etapa podrá estructurarse la etapa - 1', zona comprendida entre los ejes "A-b' y "15-17", y cuyo -- fin será alojar los servicios necesarios y el local para el -- jefe de estación. En ésta, después de haberse rellenado el espacio existente en el respaldo del eje "B" se construirá la losa de fondo, posteriormente el muro del eje "A" y en el eje -- "B"; un muro entre los ejes "17-16", una columna entre los --- ejes "16-15" y por último una trabe entre los ejes anteriores.

Los muros de la zona de servicios se harán con tabique -- rojo de 15 cms. de espesor, confinados con dalas y castillos - normales (Fig. No. 8.9-a). La losa de techo de esta zona se- hará hasta terminar la losa de techo del Nivel Descanso (Fig. No. 8.10-c).

Una vez que los muros estructurales hayan alcanzado el -- 100% de su resistencia se procederá a construir la losa de techo del Nivel Vestíbulo, entre los ejes "C-G" y "15-16", utilizando tabletas estructurales y su correspondiente firme de compresión (con acero de refuerzo adicional). (Fig. No. 8.10-- a y 8.10-d).

Fig. 8.10-a CORTE S-S'



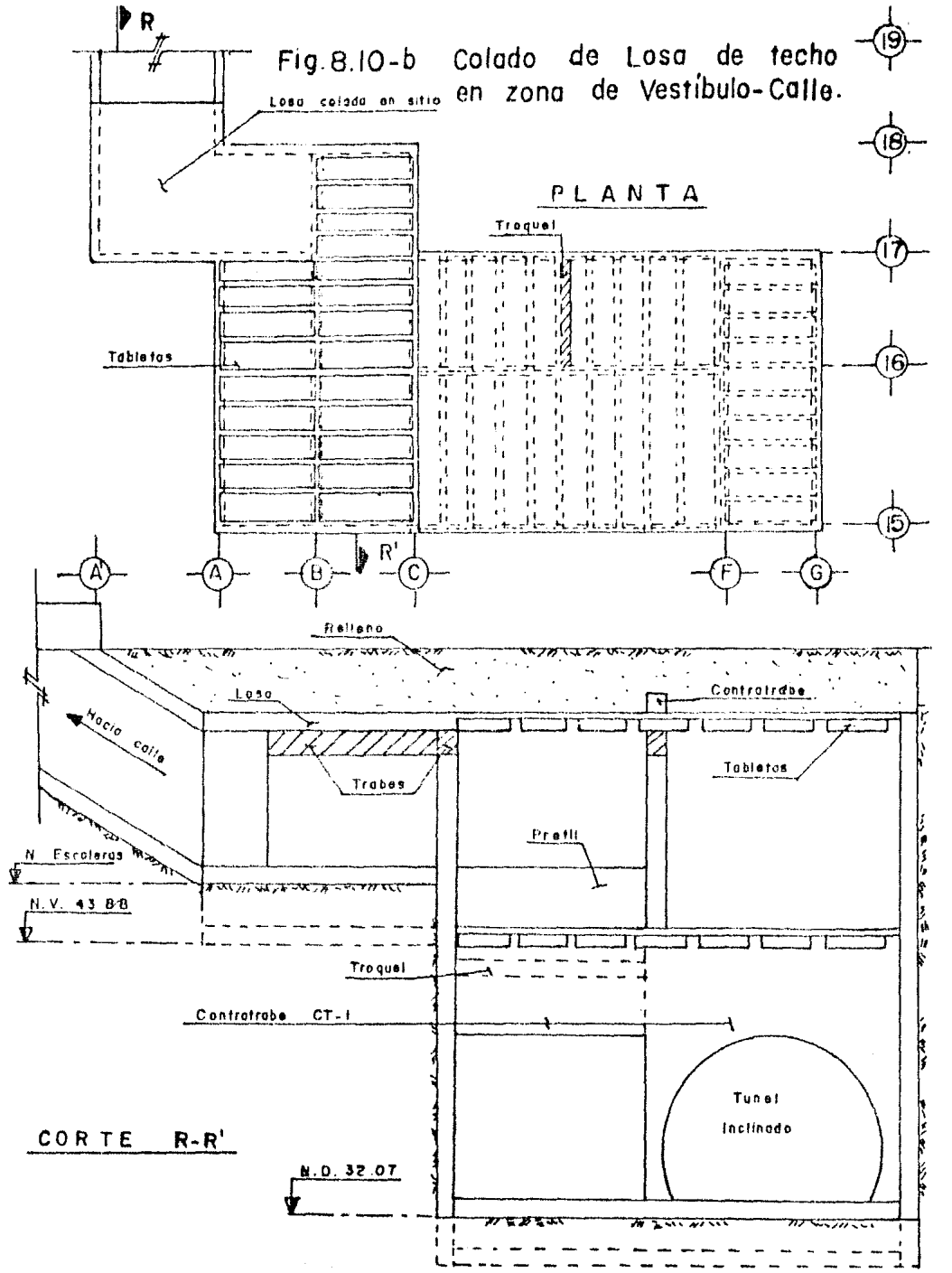
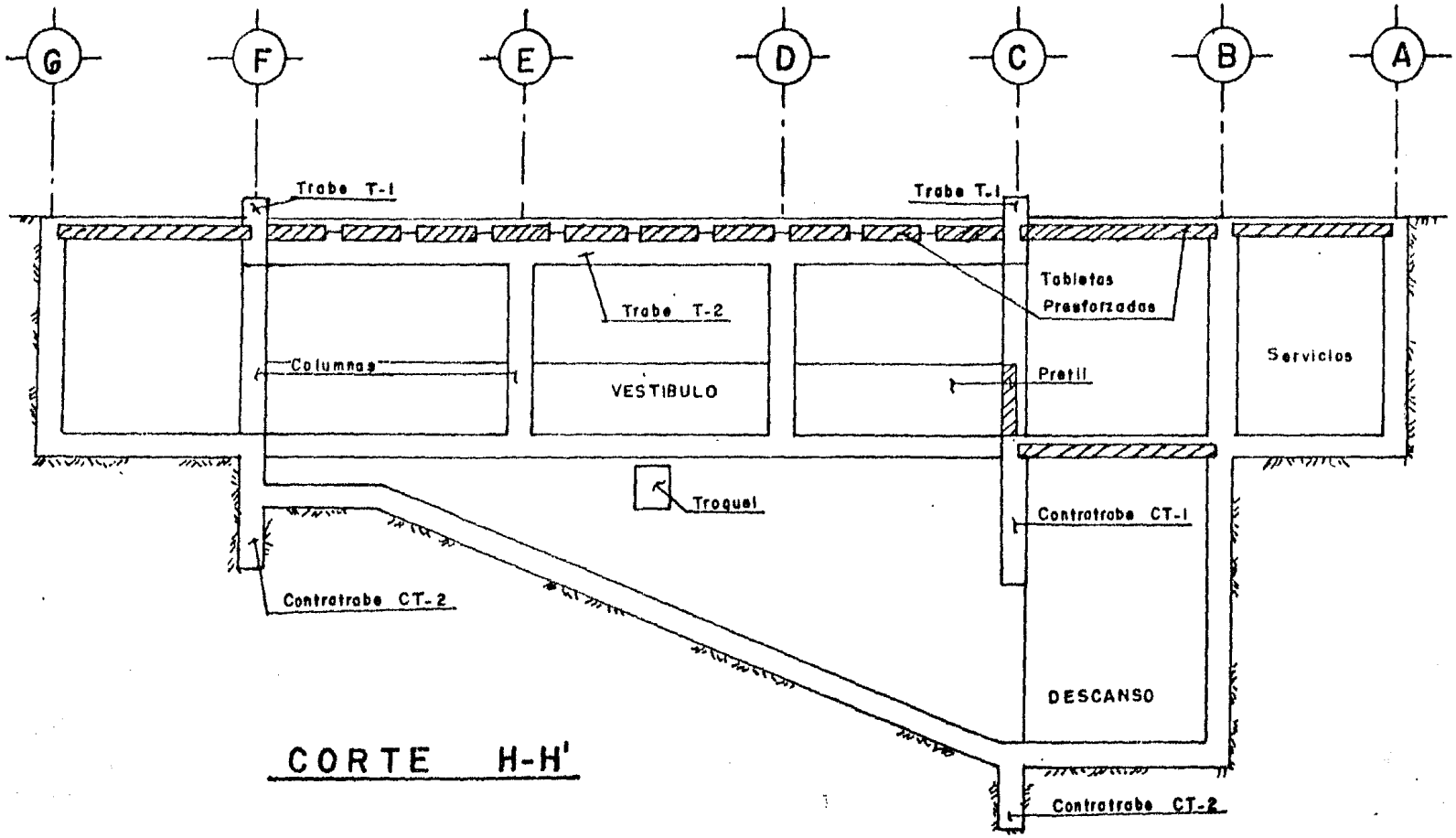
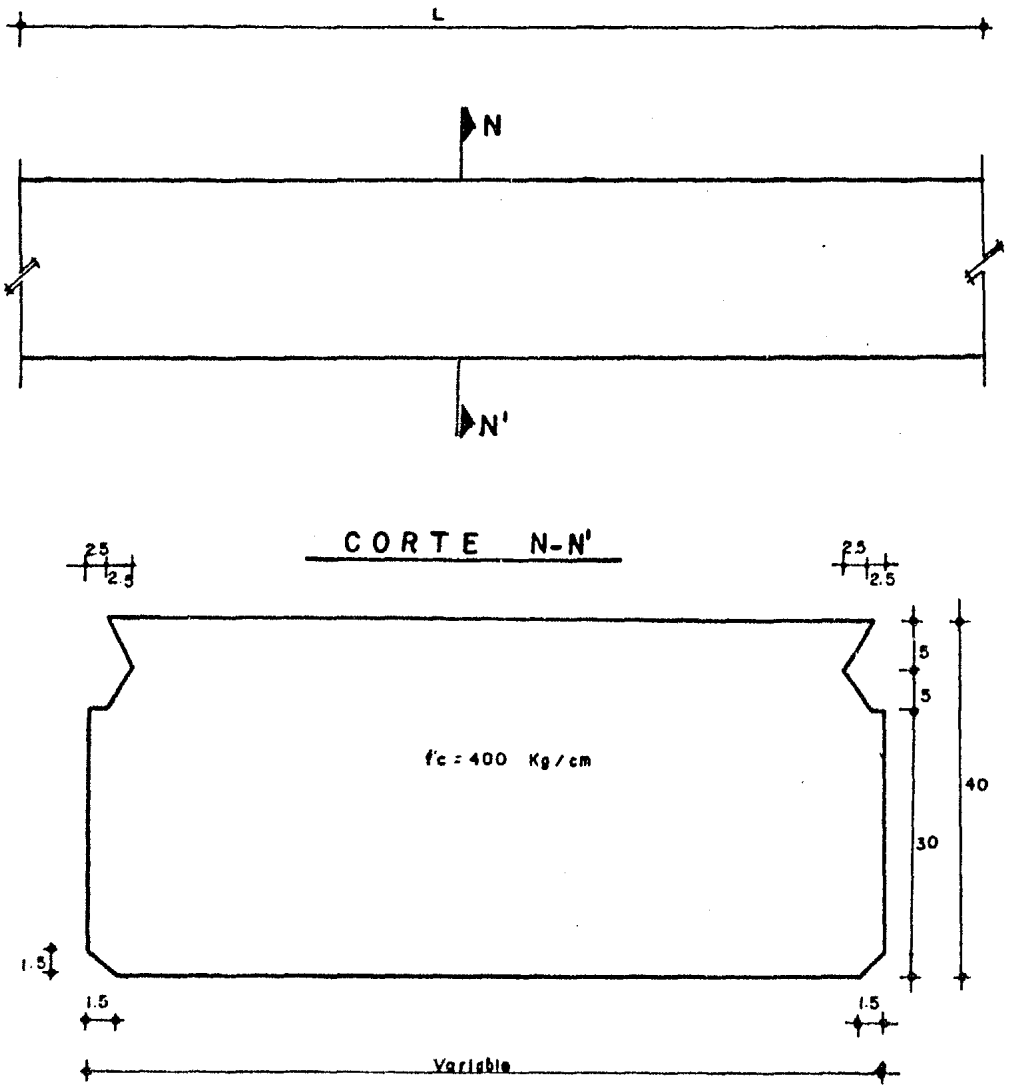


Fig. 8.10-b Colado de Losa de techo en zona de Vestíbulo-Calle.

Fig. 8.10-c Continuación de la losa de techo en el Nivel Vestíbulo.



L = Longitud ; es variable, depende del claro a cubrir.



acot. cms. sin escala

Fig. 8.10-d Tableta Presforzada Tipo.

8.3 TUNELES INCLINADOS

Habiendo concluido la construcción del Túnel de Conexión, localizado al Poniente y Oriente de la Lumbrera, se iniciarán las actividades para la excavación y construcción de los túneles inclinados, identificados con la etapa "A" en las figuras Nos. 8.2-a, 8.3 y cuya sección será la misma que tiene el túnel de conexción H.

Estos se dividirán en dos zonas: La primera comprende a partir del Túnel de Conexión hasta una longitud tal que se cuente sobre la clave del Túnel Inclinado con un "colchón" de 5.00m. la segunda, abarcará a partir de este último punto hasta el eje "C" en el acceso pte. y el "R" en el ote. (Figs. Nos. 8.2-a y 8.11).

Los tramos de avance en la primera zona, serán de 1.20m a media sección, es decir, se contará con un banqueo cuya longitud mínima y máxima, será de 2.40m y 4.80m. respectivamente.

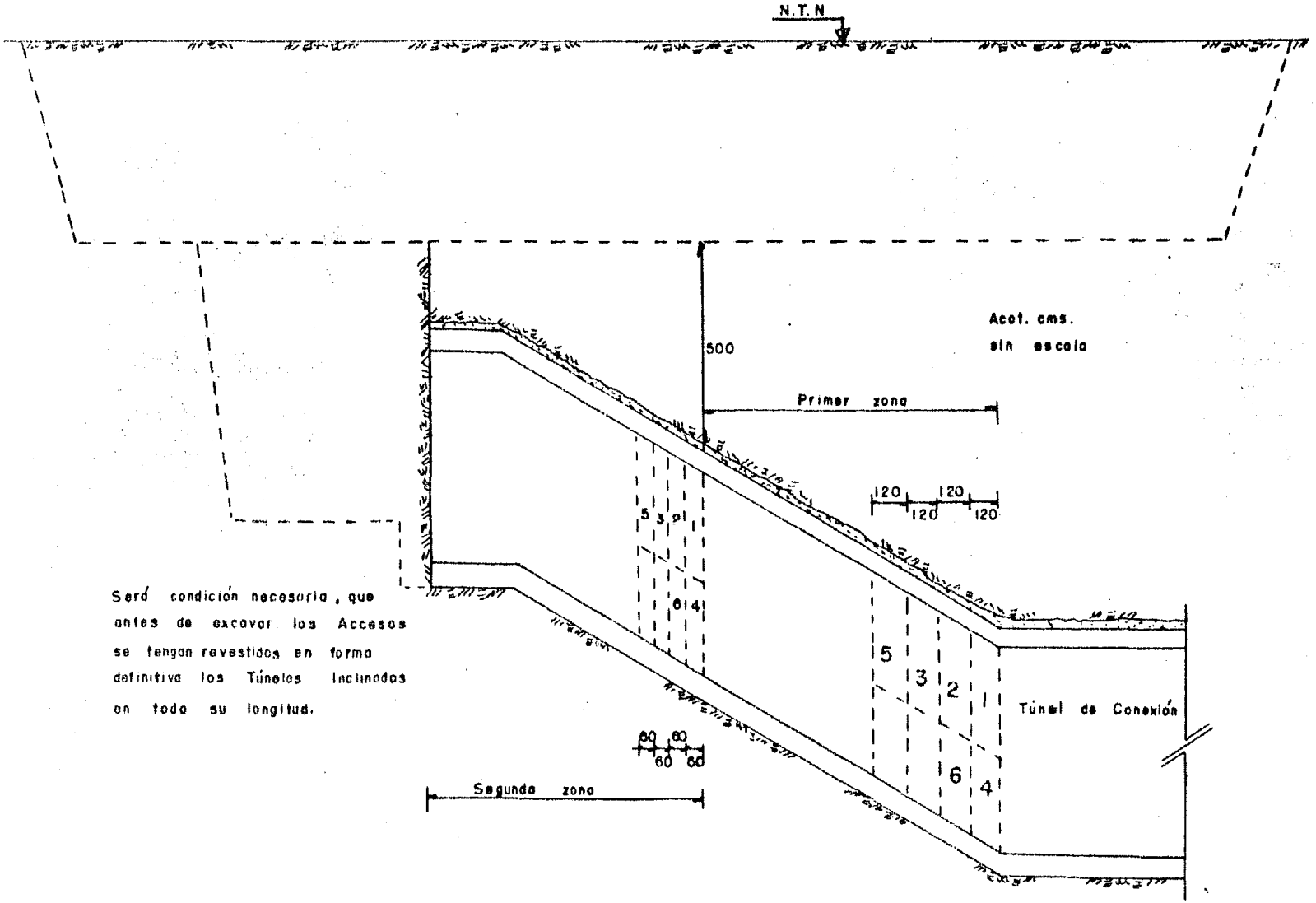
En la segunda zona, la excavación se realizará a media sección por tramos de 0.60m. contando con un banqueo, cuya longitud mínima será de 1.20m. y máxima de 2.40m.

La secuencia de excavación y cosntrucción del revestimiento primario y definitivo de las dos zonas se hará de igual forma en que se realizaron dichas actividades para el túnel de conexión, recordando que el espesor del revestimiento primario será de 25cm. con dos mallas y de 35cm. para el revestimiento definitivo con acero de refuerzo, ambos con concreto lanzado de 150 Kg/cm2 y 200 Kg/cm2 respectivamente en muros, paredes y boveda, y concreto hidráulico en losa de fondo.

Como se mencionó anteriormente será condición necesaria que antes de iniciar la excavación y construcción de los accesos, los túneles inclinados deberán estar revestidos definitivamente en toda su longitud.

Para finalizar el capítulo, se incluye en el mismo los siguientes incisos, en el cual se describen los elementos que no están íntimamente relacionados con los Accesos, pero que son muy importantes dentro del proceso constructivo de la Estación " Auditorio ".

Fig. 8.11 Túnel Inclinado.



8.4 SISTEMA DE PISO NIVEL N+ 25.88 Y PASARELA A NIVEL ANDEN

Estos elementos se construirán una vez que los túneles -- estén completamente excavados y revestidos, con el fin de no - interferir en sus etapas respectivas.

8.4.1 Sistema de Piso Nivel N+ 25.88

Dado que, para fines de construcción (Nivel de Subrayante), el nivel de la losa de piso del Túnel de Conexión y la - intersección de éste con los Túneles de Distribución será el - Nivel N+ 24.31, y para fines de servicio se deberá llegar al - nivel de la losa de andén ó Nivel N+ 25.88 (Fig. No. 8.12);- para lo cual será necesario construir una losa compuesta por - "Losasero Romsa Calibre 18"; reforzada con malla" Ensa 66-1010, acero de refuerzo y una capa de concreto hidráulico de 3 cms.- de espesor; apoyada sobre muretes de tabique de 15 cms., confinados con dalas y castillos de 15 x 15.

Los detalles de esta estructura se muestran en las figu-- ras Nos. 8.12-a y 8.12-b.

8.4.2 Pasarela para cambio de Andén

Este elemento tendrá como objetivo, permitir a los usua-- rios cambiar del andén Pte. al andén Ote. y viceversa, con el- fin de trasladarse al destino deseado.

Esta pasarela se ubicará en la intersección del Túnel de- Conexión con el Túnel de Andén, en un ancho de 3.15m. aproximadamente (Fig. No. 8.12). Consistirá de una estructura com--- puesta por cuatro trabes metálicas del tipo de la mostrada en- la fig. No. 8.13 y un sistema de losa con las características- descritas en el inciso anterior, la cual se apoyará sobre las- trabes; La estructura en conjunto será apoyada al centro sobre una columna, y en los extremos sobre muros de concreto y columnas (figs. No. 8.12 y 8.13).

Por último la Fig. No. 8.14 nos mustra un esquema de la - forma en que se comunicarán los accesos por medio de los ele-- mentos anteriores.

Fig. 8.12 Pasarela y Nivel N+25.88.

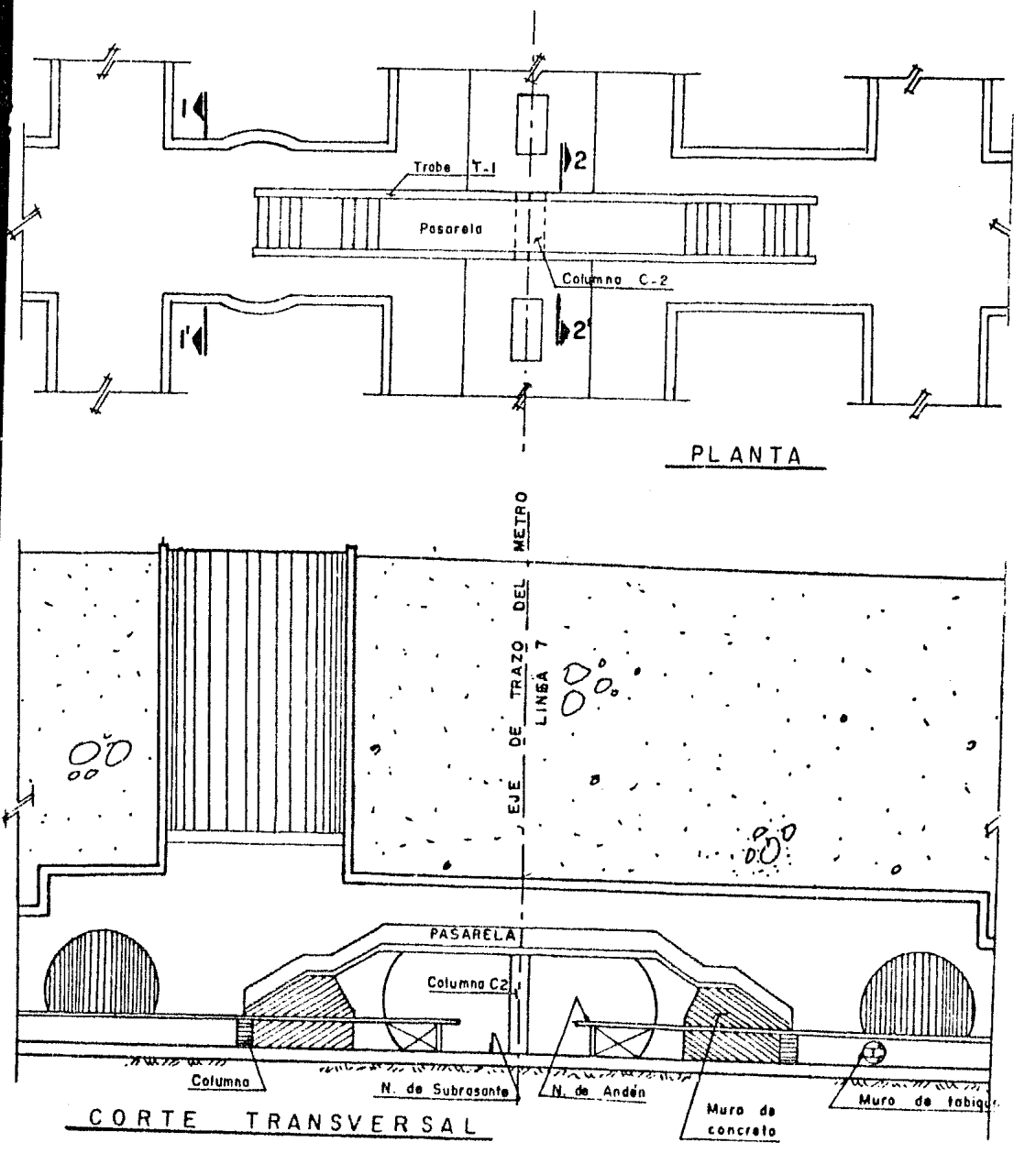
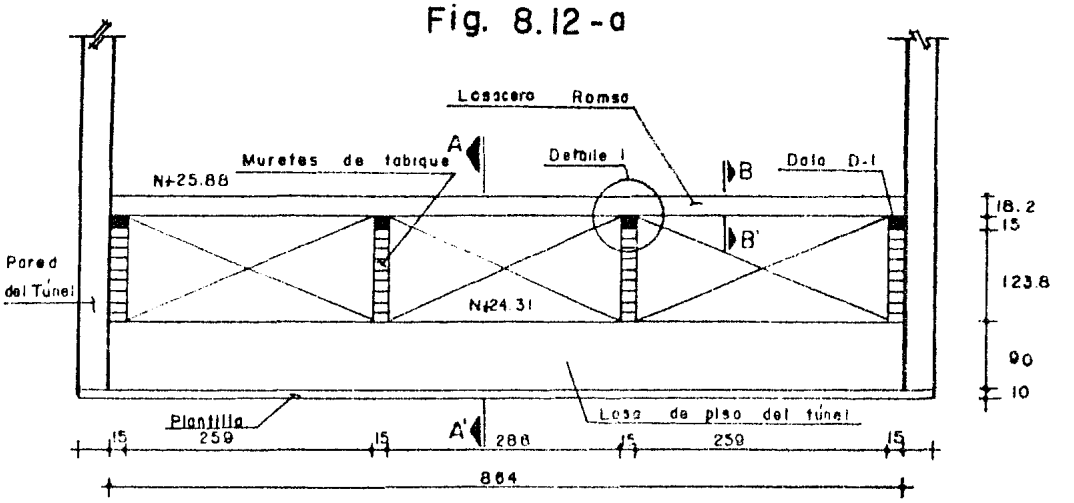
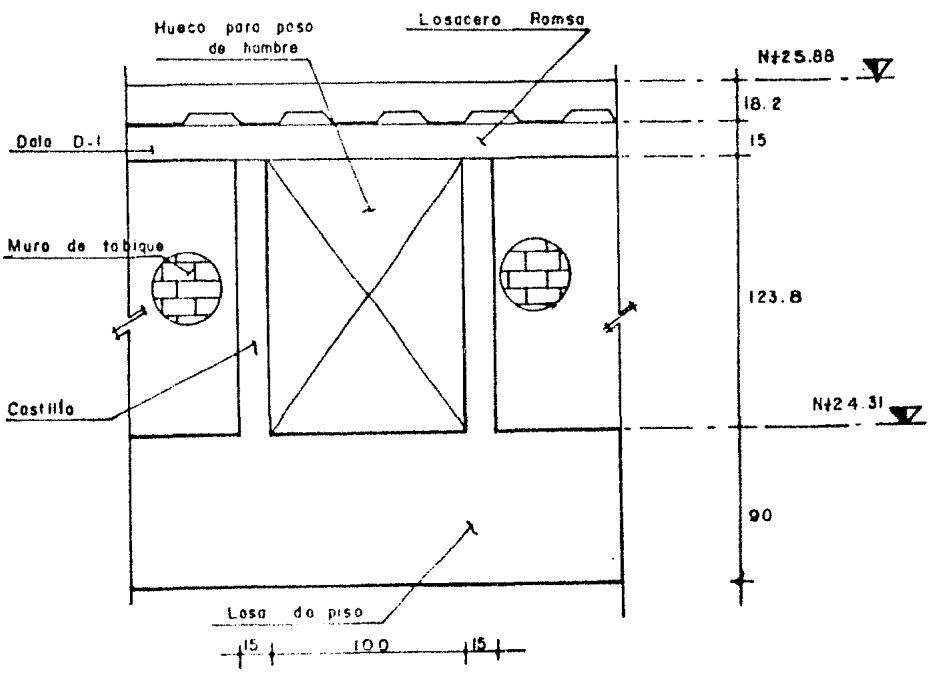


Fig. 8.12-a



CORTE 1-1'

CORTE A-A'



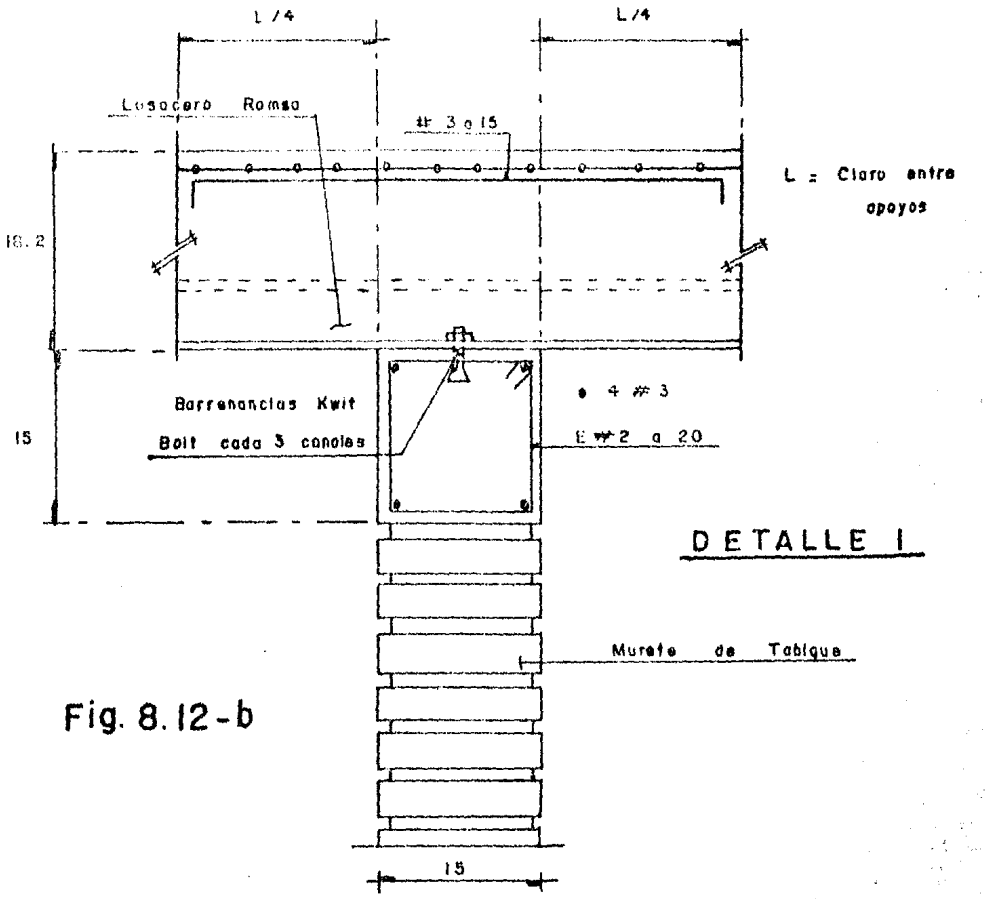

L/4
L/4
Losacero Romsa
# 3 a 15
L = Claro entre apoyos
16.2
15
Barrenancias Kwit
Bolt cada 3 canales
4 # 3
E # 2 a 20
DETALLE I
Murete de Tabique
15

Fig. 8.12-b

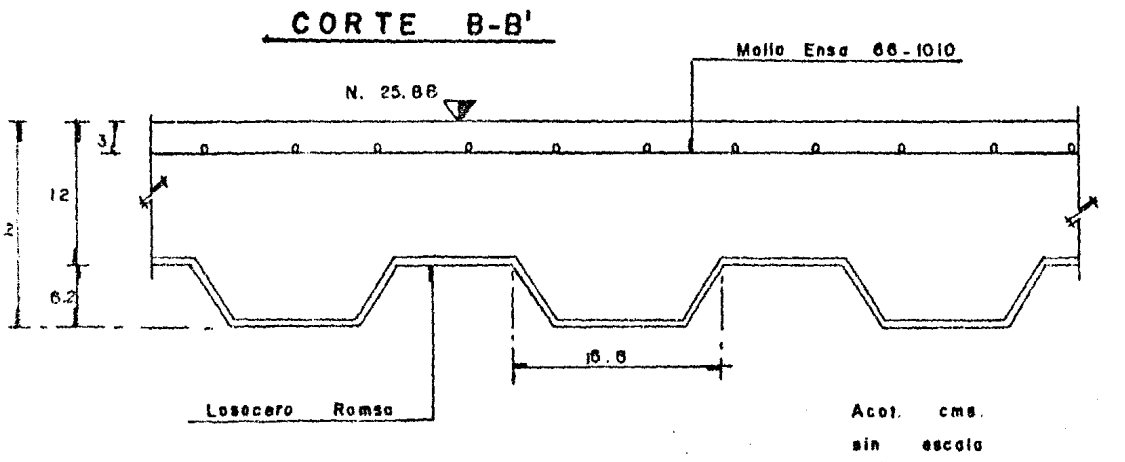
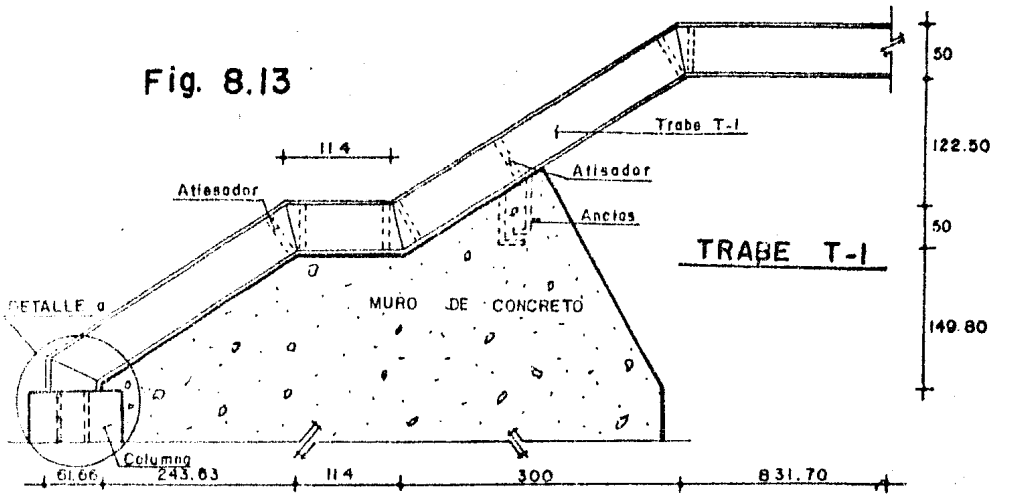
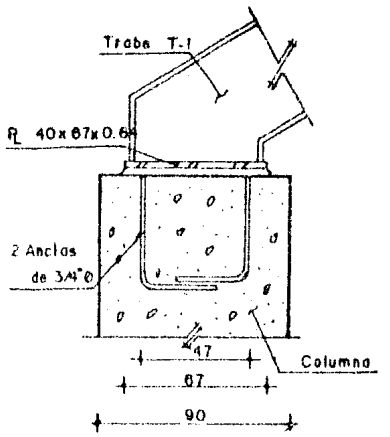

CORTE B-B'
Malla Ensa 66-1010
N. 25.86
3
12
6.2
16.6
Losacero Romsa
Acot. cms.
sin escala

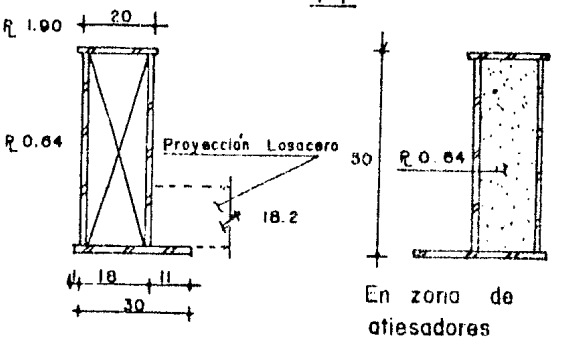
Fig. 8.13



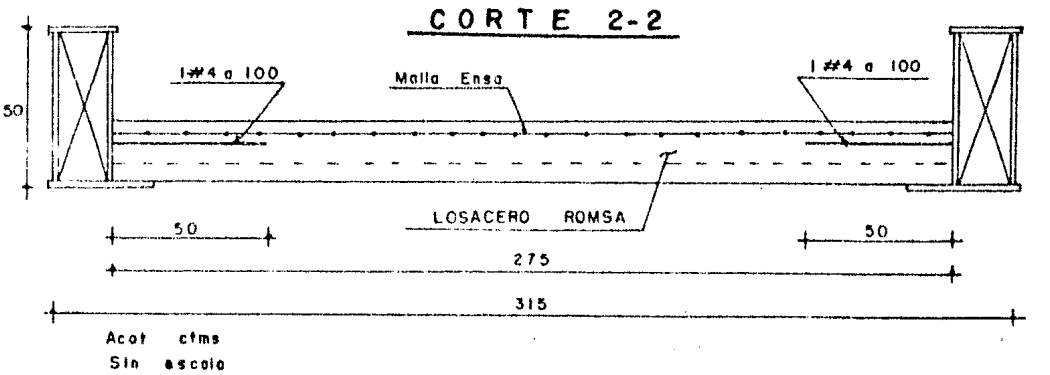


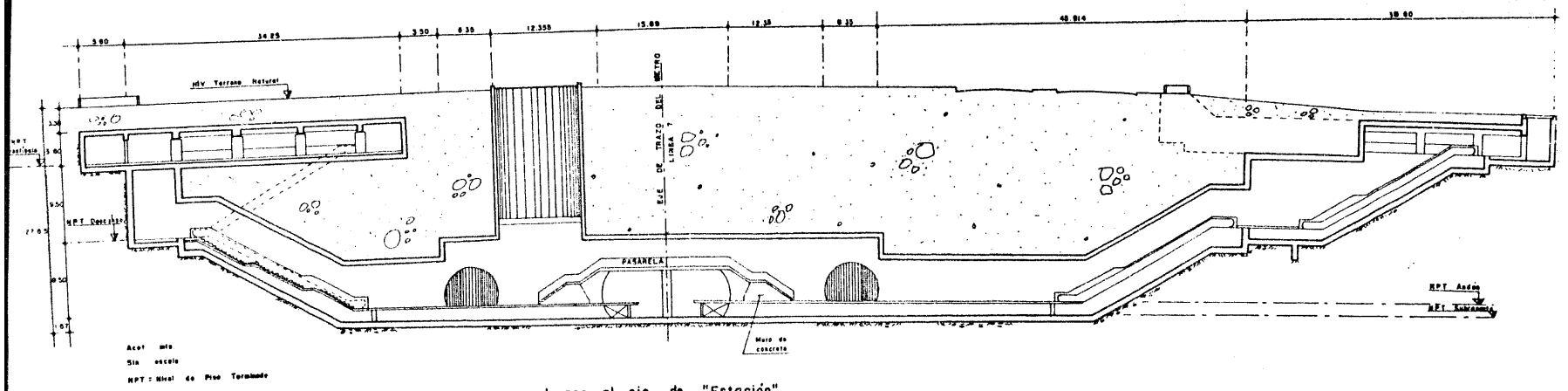
DETALLE a

SECCIONES DE LA TRABE T-I



CORTE 2-2





Corte transversal por el eje de "Estación".

C A P I T U L O IX

MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

En los capítulos anteriores he venido hablando del uso y -- aplicación del Concreto Lanzado como elemento estructural, utilizado para recubrir las paredes de los túneles de la Estación --- " Auditorio ".

También se han mencionado constantemente la utilización de anclas de fricción para los emportalamientos de los túneles, así como de otros elementos importantes tales como el concreto normal (Hidráulico) y el acero de refuerzo (Incluye malla electrosoldada).

Por consiguiente en el presente capítulo hablaré de algunos de los puntos principales para la elaboración y aplicación del - concreto lanzado, de las especificaciones para la colocación de las anclas de fricción y de algunos puntos sobre el concreto normal y el acero de refuerzo.

Por último incluyo también un tema muy importante como lo - es la Instrumentación, que no tiene nada que cer con el control de calidad de los materiales utilizados en la obra, pero que si es importante para prevenir posibles movimientos horizontales y verticales que pudieran presentarse antes, durante y después de realizar las excavaciones de los túneles.

9.1 ELABORACION DEL CONCRETO LANZADO

9.1.1 Antecedentes

Se denomina concreto lanzado a un procedimiento de elaboración y colocación de concreto o mortero por medios neumáticos, - que al ser transportado a través de una manguera y ser proyectado en estado fresco a gran velocidad, se mantiene estable sin -- escurrirse sobre la superficie aplicada, sea cual fuere su inclinación.

El concreto lanzado presenta excelente adherencia con casi todos los materiales, facilidad de aplicación sobre superficies en donde otros procedimientos fracasan o presentan muchos problemas, su gran impermeabilidad hasta con espesores delgados, escaso requerimiento de cimbra, nulo vibrado, alto rendimiento y ba-

jo costo de producción; son éstas algunas de las características más importantes que hacen de este método un elemento fundamental para resolver muchas de las necesidades que se presentan en la - ingeniería moderna.

Podemos decir que los pasos principales en la elaboración y colocación del concreto lanzado lo constituyen el suministro, la dosificación, el mezclado y transporte de los materiales, la humectación y colocación de la mezcla y el terminado o acabado final.

El concreto lanzado sigue los mismos principio para su elaboración y colocación que cualquier otro método de tipo tradicional, sólo que la diferencia se basa en la forma y el lugar en -- donde esto se realiza, ya que se emplean elementos de tipo neumático en la mayor parte del proceso y solamente elementos de tipo humano en el final del mismo; logrando de esta forma una correcta dosificación de los materiales, un mejor rendimiento, resis-- tencias más altas y a menor tiempo de lo previsto que en los procedimientos normales; además, como todo el proceso se efectúa en el mismo frente de trabajo, se tiene la facilidad de interrumpir y continuar con la aplicación en el momento que se requiera, sin tener que desperdicia la mezcla o los materiales con que está -- trabajando. Estas son cualidades inmejorables sobre todo cuando- se está utilizando este procedimiento en obras subterráneas, en- donde tiene su máximo empleo y desarrollo.

A continuación se describe el procedimiento en forma gene-- ral, con la finalidad de poder detallar más adelante las partes- que lo constituyen.

Los materiales pueden ser suministrados o dosificados por - medios mecánicos o manuales a una mezcladora, de donde prosiguen su camino en forma de mezcla a una cámara primaria, debiendo esperar turno para poder pasar a otra en donde se aumenta la pre-- sión por medios neumáticos; de esta manera se introduce por una- manguera que la conducirá hasta la boquilla de salida, efectuándose la humectación de la mezcla en este paso; finalmente, a --- gran velocidad (120 m/seg. aprox.), la mezcla será proyectada- contra la superficie a tratar; el vehículo en que se transporta- durante todo el proceso es aire comprimido. El impacto que se -- produce entre la superficie y el concreto, provoca un efecto combinado de compactación, succión e intrusión, que aunado a la cohesión y a la poca cantidad de agua que contiene la mixtura, originan una excelente adherencia entre ésta y la superficie a tratar; con lo cual, el vibrador del concreto resulta obsoleto y el

requerimiento de cimbra se reduce sensiblemente. (Fig. No. 9.5).

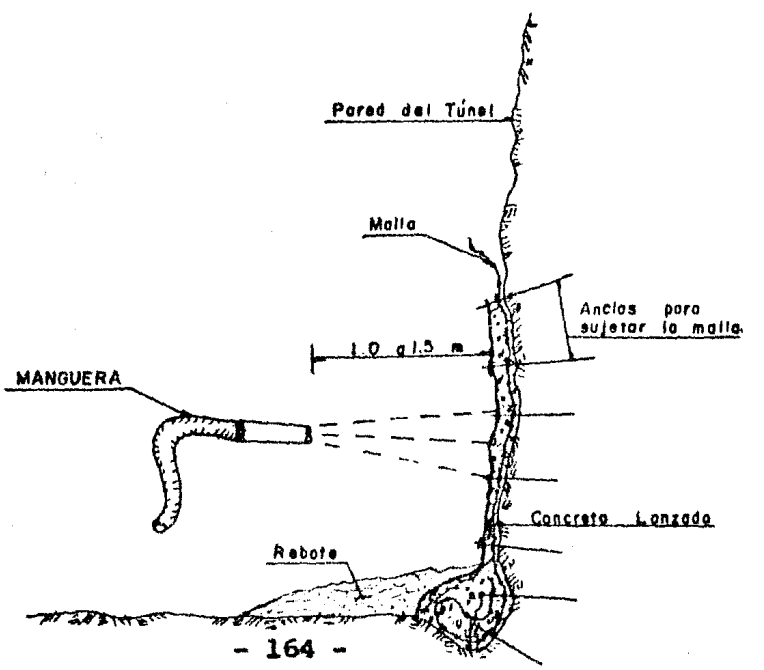
9.1.2 Materiales

Los materiales que formen el concreto lanzado serán una -- mezcla de cemento Portland, arena, grava de tamaño no mayor de 3/4", agua y un aditivo acelerante especial para elaborar con-- creto lanzado.

a) Cemento.- Se utilizará cemento tipo I ó de norma C-2, estos deberán cumplir con la calidad especificada en las Normas Ofi-- ciales Mexicanas correspondientes.

b) Agregados.- La arena y grava que se utilicen para formar - el concreto lanzado, deberán obtenerse de bancos naturales o -- por trituración de rocas. Las partículas deberán ser duras y sa nas, no tendrán forma lajar deberán cumplir con los requisitos- que se indican en las figuras No. 9.1-a.

Fig.9.1 Detalle de Lanzado.



Los agregados no deberán reaccionar con los álcalis del cemento. Si los agregados provocan una expansión excesiva en el concreto debido a la reacción con el cemento deberán desecharse a menos que se apliquen medidas correctivas, previa aprobación de la resistencia de la obra.

c) Agua de Mezclado.- El agua de mezclado deberá ser potable. Cuando el agua que se pretenda usar para el mezclado no sea potable, se elaborarán 2 mezclas comparativas de montero; dichas mezclas serán idénticas, excepto por la procedencia del agua. En la mezcla de pruebas se usará agua de la fuente de abastecimiento en estudio y en la mezcla testigo se usará agua destilada. Se considerará que el agua estudiada es aceptable cuando sus especímenes produzcan, a 7 y 28 días, resistencias a compresión mayores de 90% de las correspondientes a los especímenes elaborados con la mezcla testigo y además, que los tiempos de fraguado inicial y final, no difieran en más de 60 minutos.

d) Aditivos Acelerantes.- Deberá emplearse un aditivo que garantice en el concreto lanzado una resistencia de 90 Kg/cm2, a las 24 horas. Que cumpla en cuanto a sus características con la norma ASTMC-191 en los siguientes requisitos:

Tiempo de Fraguado Inicial (máximo)	3 minutos
Tiempo de Fraguado Final (máximo)	12 minutos
Resistencia a la comprensión simple de la pasta, a una edad de 8 horas, en cubos de 5 cm de lado	60 Kg/cm2 (mínimo)

En el caso de que algún aditivo no satisfaga algunos de los requisitos anteriores y que la Contratista demuestre que con él, se pueden obtener las resistencias especificadas en el concreto lanzado, se podrán autorizar su uso.

Los aditivos a emplearse serán compartibles tanto con el cemento como con los agregados pétreos, previamente a su empleo deberán ser aprobados por la supervisión.

e) Mezcla.- El procedimiento de mezclado del concreto lanzado será el de mezcla seca, el cual consiste en mezclar perfectamente el cemento, los agregados y el aditivo, para introducir la mezcla resultante en un recipiente y de éste conducirla neumática--

mente a través de una manguera hasta la boquilla de expulsión,- añadiendo en la boquilla misma el agua de hidratación antes de- lanzar la mezcla.

La relación agua-cemento deberá ser tal que se logre en el material colocando una consistencia estable lo más húmeda posible, es decir, el punto de abolsamiento o cedencia incipiente.- La condición anterior se detecta cuando la superficie del con-- creto fresco es uniforme, libre de bolsas, huecos y otros defectos, presentando en dicha superficie un lustre de humedecimiento ligero.

El contenido de humedad de la mezcla en seco, deberá mantenerse entre el 3 y 8% en peso.

9.1.3 Equipo, Mezclado y Aplicación del Concreto Lanzado

a) Equipo de Lanzado.- El equipo que se emplee para efectuar el mezclado y la aplicación del concreto lanzado, deberá ser el -- apropiado para lanzar el agregado del tamaño especificado. El - equipo deberá tener un recipiente para hacer el mezclado del cemento, agregados y aditivos en seco; bomba para conducir la mezcla hasta la boquilla, mangueras para incluir el agua en la boquilla y expulsarla con aire a presión; deberá de mantenerse -- limpio y en buenas condiciones de operación. La presión del --- aire a la salida de la máquina lanzadora se mantendrá constante y no será menor de 3.5 Kg/cm2 para mangueras hasta 30 m de largo medidas desde la lanzadora hasta la boquilla y deberá incrementarse en aproximadamente 0.3 Kg/cm2 por cada 15 m de manguera en exceso de los primeros 30 m; este incremento deberá ajustarse según se observe conveniente en la obra. La presión a la- salida del agua de debe ser menor de 4.0 Kg/cm2, y nunca deberá ser menor que la presión del aire de lanzado.

b) Dosificación y Mezclado.- El Contratista podrá optar en mezclar y transportar los ingredientes del concreto lanzado de --- acuerdo con una de las dos siguientes posibilidades:

1.- Mezclar los ingredientes en seco en una mezcladora y transportar la mezcla seca hasta el lugar del equipo de lanzado.

2.- Transportar el cemento y los ingredientes por separado hasta el lugar del equipo de lanzado, y ahí mezclarlos.

Los agregados y el cemento, en cualquiera de las opciones,

deberán ser revueltos en tal forma que se obtenga una mezcla homogénea. El tiempo mínimo de mezclado deberá ser de 2 minutos a menos que se cuente con equipo especialmente diseñado para dosificar y mezclar al mismo tiempo, en cuyo caso se prescindirá de esta exigencia.

En cualquiera de las dos opciones anteriores los materiales deberán ser transportados y descargados a las máquinas lanzadoras en forma tal que no se produzca segregación de los componentes de la mezcla.

Todas aquellas mezclas secas de cemento y agregados que tengan más de 120 minutos de haberse mezclado deberán desecharse. En igual forma se procederá con aquellas mezclas que presenten hidratación prematura.

c) Aplicación del Concreto Lanzado.- Para la aplicación del concreto lanzado, el Contratista deberá contar con el equipo especial y personal entrenado y capacitado en la ejecución de este tipo de trabajos.

La superficie deberá estar húmeda para facilitar la adhesión del concreto y no deberá lanzarse concreto sobre superficies secas o polvosas.

Deberán preverse todas las instalaciones y equipo necesario para que se pueda colocar concreto en todo momento, con el objeto de asegurar el avance de la construcción.

La posición de la boquilla de lanzado, con respecto a la superficie en que se aplica el concreto, será prácticamente normal; la distancia de lanzado estará comprendida entre 1.0 y 1.5 m aproximadamente de la superficie por aplicar. El ángulo y la distancia de lanzado, se podrán variar para lograr que se obtenga el mínimo posible " rebote " (desperdicio) del concreto que sale por la boquilla de lanzado.

El concreto lanzado terminado deberá presentar un aspecto denso y uniforme. No deberán observarse desprendimientos entre capas lanzadas sucesivamente sobre la superficie del concreto lanzado.

Si se requiere colocar más de una capa de concreto lanzado, éste deberá aplicarse cuando la capa anterior haya endurecido lo suficiente para que durante el lanzado de la siguiente no se

afecte su integridad y su adhesión al concreto.

d) Curado.- En el caso de que las condiciones de humedad alrededor del concreto lanzado sean satisfactorias no será necesario curar el concreto aplicado; pero si las condiciones son secas - será necesario curarlo con agua, a partir de 6 horas después de haber sido lanzado y se mantendrá húmedo un período no menor de 4 días.

9.1.4 Resistencia Especificada del Concreto Lanzado

El concreto lanzado, ya colocado, deberá alcanzar la resistencia a compresión especificada en el proyecto, que es de 200-Kg/cm2 a los 28 días de edad. Cuando se obtengan resistencias a edades diferentes a los 28 días, se utilizarán los siguientes - valores como indicativos de la variación esperada de la resistencia con el tiempo:

EDAD	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE
A 24 horas	90 Kg/cm2
A 3 días	120 Kg/cm2
A 7 días	150 Kg/cm2
A 28 días	200 Kg/cm2

Las resistencias del concreto lanzado se obtendrán del ensaye de corazones de 3" de diámetro como mínimo, cuyos resultados serán corregidos por el factor de esbeltez para una relación de 2:1 (altura-diámetro) de acuerdo con la Norma ASTM-C-42. El concreto lanzado se considerará adecuadamente en resistencia, si el promedio de 3 corazones ensayados a una edad de - 28 días es por lo menos igual a 85% de la resistencia especificada, y ningún corazón tiene una resistencia menor de 75% de dicha resistencia.

Además, en un control estadístico, se aceptará el concreto lanzado que cumpla con los siguientes requisitos:

No más del 20% del número de pruebas de resistencia tendrán valores inferiores a las resistencias especificadas y el - promedio de 10 pruebas consecutivas debe ser igual o mayor que las resistencias especificadas.

No más del 1% de las pruebas de resistencia a la edad de -

28 días, podrá ser menor que la resistencia especificada menos 50 Kg/cm2.

9.1.5 Mezclas de Prueba

Con el propósito de ensayar la influencia de los aditivos y poder corregir el proporcionamiento base de la mezcla del concreto, deberán efectuarse mezclas de prueba en campo, empleándose marcas distintas de aditivos acelerantes, con las diferentes marcas del cemento que se planee utilizar.

Las mezclas de prueba se realizarán, lanzando el concreto sobre un tablero de prueba de cuando menos 80 x 80 cm, para cada mezcla considerada.

A una edad mínima de 22 horas se extraerán del tablero de prueba, 2 especímenes cilíndricos de 3" de diámetro y se ensayarán a compresión simple a la edad del concreto de 24 horas. El resto de la muestra deberá guardarse en un cuarto húmedo o curarse en agua hasta alcanzar 70 horas de edad aproximadamente, en este momento se extraerán 6 corazones más que se ensayarán a 3, 7 y 28 días de edad, 2 corazones por edad. Los especímenes a ensayarse deberán observarse sanos y sin oquedades.

Podrá considerarse como adecuada la mezcla, si el promedio de la resistencia de los corazones es al menos igual a las resistencias indicadas en el inciso 9.1.4 para corazones con relación de esbeltez igual a 2.0. Para corazones con relación de esbeltez entre 1 y 2 se usarán los factores de corrección dados en la ASTM-C-42.

9.1.6 Control de Calidad

Por cada 50 cm3 de concreto lanzado que se aplique en la superficie excavada, deberá extraerse una muestra por medio de una artesa de madera con las dimensiones que se muestran en la figura No. 9.2. La artesa la formará el lanzador produciendo por entero las condiciones del lanzado que efectúa normalmente. La artesa se mentendrá firmemente sujeta en una de las paredes de la excavación de manera que al lanzar sobre ella el concreto no se mueva o caiga. No se moverá la artesa antes de 12 horas de haberse lanzado. A partir de entonces se trasladará al laboratorio, cuidándose que a la muestra no se le produzcan impactos desde su transporte a la superficie y al laboratorio central. En caso de ser necesario el uso de vehículos para el des-

plazamiento de las muestras, estas deberán empacarse en cajas de madera robusta o en otro recipiente apropiados, rodeados de arena o aserrín húmedos, o de otro material de empaque que sea adecuado. Al recibirse en el laboratorio deben colocarse inmediatamente en las condiciones de curado requeridas, a 23 ± 2°C ó sumergidas en agua a una misma temperatura si se almacenan en el laboratorio de la obra.

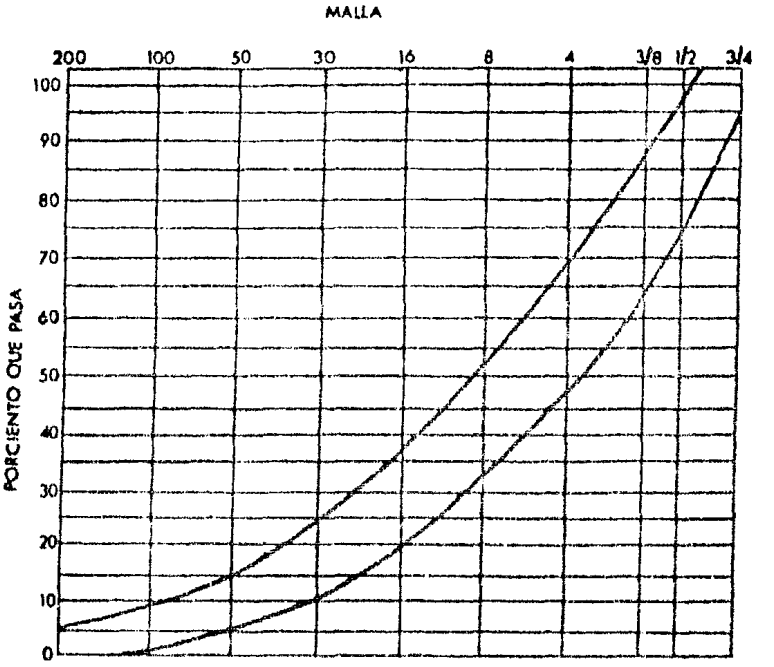
A una edad mínima de 70 horas se extraerán 2 especímenes de 3" de diámetro y se ensayarán a compresión simple a la edad del concreto de 72 horas. El resto de la muestra deberá guardarse en un cuarto húmedo o curarse en agua hasta alcanzar 28 días de edad aproximadamente, en este momento se extraerán 3 corazones restantes para su ensaye a compresión simple a 28 días de edad del concreto. Si no se obtienen especímenes sanos, especialmente a las 70 horas de edad, la muestra deberá desecharse y se notificará al frente de trabajo para que se obtenga una muestra nueva. Todos los especímenes que no se prueben de inmediato deberán guardarse en un cuarto húmedo o sumergirse en agua a una temperatura de 23 ± 2°C.

Una vez por semana como mínimo y al tiempo que se forma la muestra en el lugar, deberá obtenerse una muestra de la mezcla seca (sin acelerante pero con cemento), teniendo cuidado de no compactarla; inmediatamente después trasladarse al laboratorio, donde se le determinará su humedad y su contenido de cemento; al igual se obtendrá una muestra de la mezcla de agregados para determinar el contenido de agua, la granulometría y el % de partículas menores que la malla No. 100, para que la determinación del contenido de cemento de la muestra pueda obtenerse con la mayor precisión. Las muestras de mezcla seca y de agregados corresponderán a la mezcla que se use en el lanzado de la artesa.

De los agregados en obra se obtendrán muestras, una cada 500 m2 , y/o una muestra por semana como mínimo, para realizar en ellos las pruebas especificadas en la figura No. 9.1 de estas especificaciones.

La frecuencia de los muestreos podrá variarse de así requerirse.

Fig. 9.1 Limites Granulométricos



Límites máximos de substancias y requisitos de propiedades físicas del agregado fino y grueso expresados en porciento en - peso de la mustra total.

P R U B A	A R E N A	G R A V A
Grumos de arcilla y partículas desmenuzables.	3.0	4.0
Material que pasa por la Malla No. 200	(1) 5.0	(2) 2.0
Carbón y lignito	1.0	0.5
Pérdida por abrasión	---	50.0

NOTAS:

(1) En el caso del material fino que pasa por la malla No. 200, que es producto de la desintegración de rocas, el porcentaje límite se incrementará a un 105.

(2) En el caso de agregados triturados, si el material que pasa

por la malla No. 200, es el producto de la fractura de rocas -- excentas de arcilla y/o pizarras, este límite puede incrementarse a 3%.

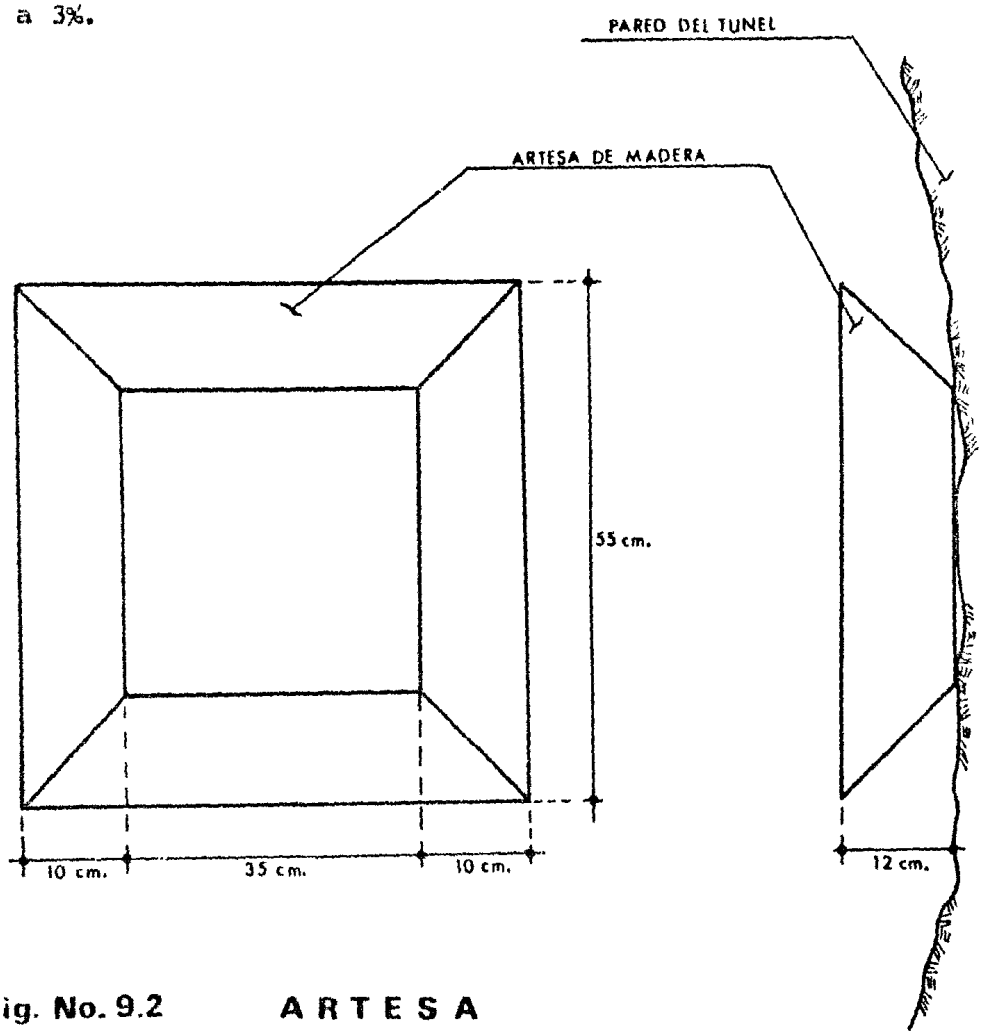


Fig. No. 9.2 ARTESA

Estas Artesas serán de madera de 19mm. de espesor, con lo que se garantizará una rigidez suficiente para evitar vibraciones importantes durante el Lanzado.

Las Artesas podrán reutilizarse siempre que no hayan sufrido daños apreciables.

9.2 ESPECIFICACIONES PARA LA COLOCACION DE LAS ANCLAS DE FRICCION

9.2.1 Descripción General de Las Anclas de Fricción.

9.2.2 Especificaciones de Materiales y Procedimiento de Colocación.

A.- Sello del Barreno
B.- Mezcla de Inyección.
C.- Procedimiento General para La Colocación.
D.- Pruebas de Control de Anclaje.

9.2.1 Descripción General de Las Anclas de Fricción.

Las anclas de fricción, diseñadas y adaptadas específicamente para su uso en los túneles de las ampliaciones de las líneas del Metro de la Ciudad de México, constan de una varilla corrugada que en uno de sus extremos tiene sujetas dos mangueras de 12.7 mm Ø; una de 50 cm de largo por la cual se efectuará la inyección y la otra de la longitud de la varilla más 25 cm cuya función es certificar el completo rrelleno del barreno al efectuar la inyección. El ancla tiene tres centradores distribuidos en su longitud, para lograr una posición central del ancla en el barreno, de manera que se logre un espesor de lechada uniforme en el perímetro, (Fig. 9.2-a).

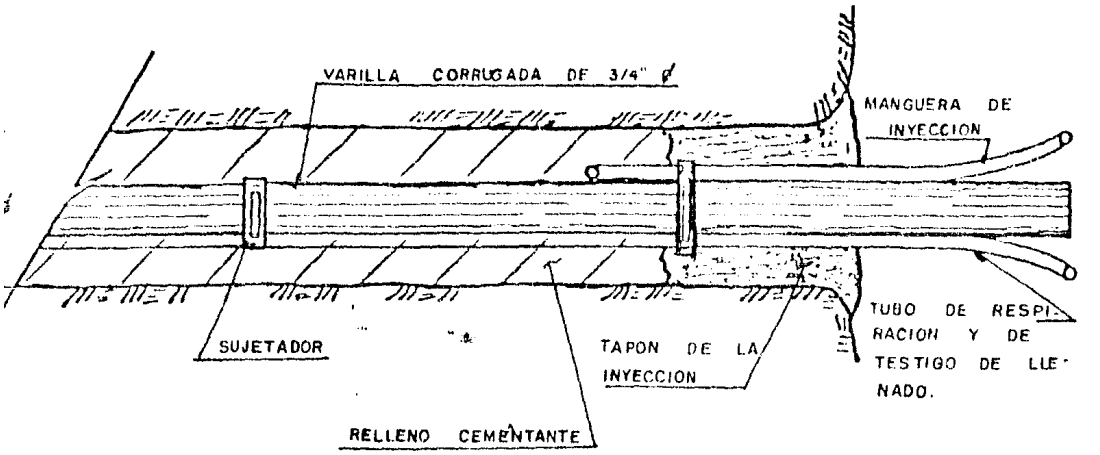
Cada ancla se introducirá en un barreno con un diámetro 25 mm mayor que el diámetro del ancla, quedando la manguera de inyección en la boca del barreno; enseguida se sella la boca del barreno cuidando que la barra quede al centro y se procede a efectuar la inyección de lechada hasta llenar completamente el hueco entre el barreno y el ancla.

Los materiales que deben usarse y el procedimiento detallado de colocación e inyección, se describen en los siguientes parrafos.

9.2.2 Especificaciones de Materiales y Procedimiento de Colocación

A.- Sello de Barreno

1.- Materiales.- El sello de inyección será formado como una mezcla de fraguado instantáneo constituida por cemento portland un aditivo que provoque el fraguado instantáneo y agua. En lo que sigue, el aditivo mencionado se considera que es el llama-



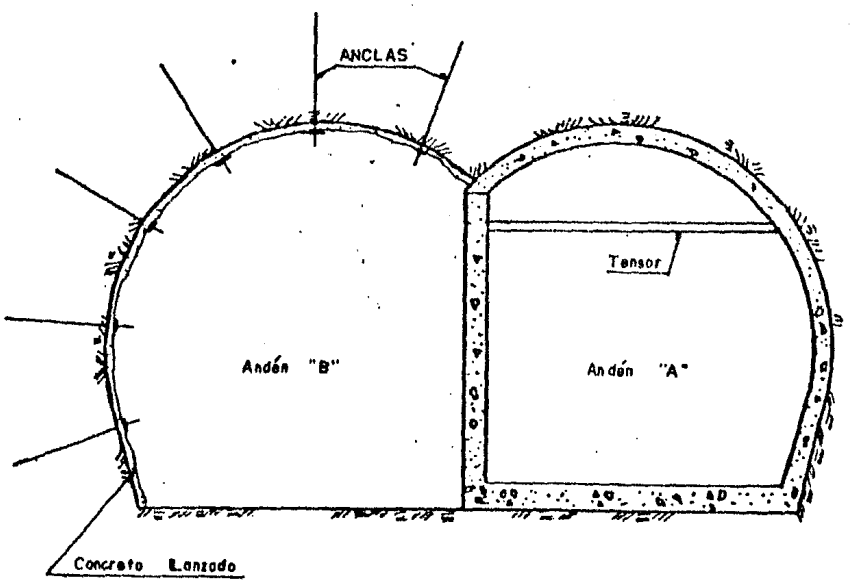


Fig.9.2-a Anclas de Fricción.

do Integral AZ, ya que éste dió los mejores resultados en las-- pruebas efectuadas.

2.- Proceso de Elaboración y Colocación del Sello.- El Integral AZ se mezcla con el cemento en proporciones iguales por volumen, hasta lograr una masa de consistencia semejante a la del mastique. Una vez lograda esta consistencia se le adicionan a la mezcla una gotas de agua, continuando con el amasamiento hasta que la misma empiece a calentarse sin perder su consistencia, lo -- que indicará que se ha iniciado el proceso de fraguado. La mezcla se coloca entonces en la boca del barreno para formar un - tapón en una longitud mínima de 10 cm y con la barra en el centro del barreno, el tapón formado se presiona con la mano unos- dos o tres minutos auxiliándose de una jerga húmeda.

Este tiempo es suficiente para que endurezca y se mantenga firme en su lugar.

3.- Es importante que tanto la mezcla como su colocación se --- efectue con la mano a fin de que cuando el operador se de cuenta del calentamiento de la masilla proceda a colocarla sin pérdida de tiempo. Se recomienda mezclar sólo la cantidad que se - pueda colocar en un lapso del órden de 2 minutos, ya que des--- puós de este tiempo la mezcla endurec y será desperdiciada .

B.- Mezcla de Inyección

1.- Materiales.- La mezcla inyectada consistirá de una lechada- formada con agua, cemento de resistencia rápida y un aditivo -- que es fluidizante, retardante del fraguado inicial y estabilizador del volumen.

2.- Proporción de la Mezcla.- Para lograr la resistencia adecuada y fácil bombeo de la lechada, se deberá usar una relación -- agua-cemento no mayor de 0.50 (25 lts de agua por saco de ce-- mento), el aditivo requerido podrá ser el " Grout-Fluidifier " MB-618 Tecnocreto u otro de propiedades similares que proporcione por lo menos iguales resultados. En caso de emplearse el --- " Grout-Fluidifier " MB-618 la proporción en la mezcla no será- menor de 250 gr por saco de cemento.

3.- Preparación.- El agua limpia y el aditivo se mezclarán con- la mayor velocidad posible a fin de disolver totalmente el aditivo. Se agregará entonces el cemento mezclado perfectamente -- hasta disolver todos los grumos y obtener una mezcla homogénea,

una vez logrado esto, se colocará la lechada formada en el recipiente de la bomba de inyección.

4.- Inyección.- Para efectuar la inyección se empleará una bomba de propulsión o neumática que tenga un rendimiento tal que permita inyectar con economía y eficiencia el volumen de lechada que requieren las anclas que se instalan en cada avance en la excavación.

Deberá tenerse especial ciudado de que la inyección se realice a una presión no mayor de 2 Kg/cm2. El procedimiento de inyección será el siguiente:

a) Adaptar la manguera de la bomba al tubo de inyección del ancla.

b) Accionar la válvula de salida de la bomba para iniciar la inyección, verificando mediante un manómetro que la presión no excede el valor especificado de 2 Kg/cm2 y se mantiene hasta que la lechada salga por el tubo de respiración o testigo, en ese momento se obterará el tubo testigo y a continuación el de inyección antes de desconectar la bomba.

La inyección de lechada no debe suspenderse hasta constatar que por el tubo testigo sale lechada de cemento con la consistencia de la que se inyecta, con objeto de constatar que se ha desalojado toda el agua que pueda existir dentro del barreno y se ha llenado completamente de lechada.

Es absolutamente indispensable asegurar que el espacio dentro del barreno, entre el ancla y el terreno puede completamente llenado con la lechada de cemento, por lo tanto, de presentarse algún problema de taponamiento en la manguera por la que se esta inyectando, se deberá inyectar por la otra manguera que servia de registro y certificación del llenado del barreno por la lechada, abriendo un hueco junto a la manguera por la que inicialmente se estaba inyectando, el cual servirá como registro y certificación del llenado del barreno por la lechada sellandolo posteriormente a la certificación.

Se recomienda tener precaución especial para evitar el contacto prolongado de la lechada con la piel, ya que debido al aditivo puede causar erupciones molestas.

C.- Procedimiento General para la Colocación

1) Efectuar los barrenos del diámetro y longitud indicados en el patrón de anclaje requerido.

2) Insertar el ancla en el barreno, verificando con aire o con un alambre acerado insertado en el tubo testigo, -- que éste no se haya tapado.

3) Sellar la boca del barreno siguiendo el proceso descrito en el párrafo " A ".

4) Efectuar la inyección de lechada siguiendo el proceso - descrito en el párrafo " B ".

D.- Pruebas de Control del Anclaje

1.- Pruebas en la lechada de inyección.- A fin de poder garantizar la capacidad requerida de las anclas será necesario verificar la resistencia de las lechadas empleadas, para lo cual deberá tomarse cuando menos una muestra de cada 20 anclas inyectadas. Cada muestra consta de 3 probetas, las cuales se probarán a edades de 1,3 y 7 días; cada muestra deberá acompañarse de datos de fecha, localización y cadenamiento en que se empleó la - lechada. Para considerar adecuada la lechada empleada, la resistencia a la compresión a 7 días de edad no deberá ser menor de 100 Kg/cm2. La relación agua-cemento podrá variarse para poder satisfacer este requisito.

2.- Pruebas de Extracción.- Para constatar la correcta colocación de las anclas deberán efectuarse pruebas de extracción en un mínimo de 5 anclas de cada 100 colocadas. Este número podrá ser variado a juicio de la Dirección Técnica de la Obra, de --- acuerdo con los resultados que se obtengan en las primeras ---- pruebas.

Preparación del ancla de prueba.- Las anclas de prueba se seleccionarán arbitrariamente. En las anclas seleccionadas se - retirará todo material extraño hasta descubrir el tapón de sello del barreno.

Una vez descubierto el sello se colocarán en el extremo de la barra el dispositivo de prueba que consta de un gato hidráulico para aplicar tensión al ancla y un sistema de apoyo de micrómetros para registrar los desplazamientos de dicha ancla durante la prueba.

Ejecución de la prueba.- La prueba se efectuará aplicando una tensión en la varilla con incrementos de carga de 2 Ton. registrando la deformación correspondiente hasta llegar a 8 Ton.- A partir de 8 Ton. los incrementos se reducen a 1 Ton. hasta obtener la resistencia máxima del ancla.

Resultados esperados en las pruebas de extracción.- Para considerar adecuada la colocación e inyección de las anclas, durante las pruebas de extracción se deberán soportar sin producirse falla, las tensiones que induzcan en las varillas los esfuerzos que se señalan enseguida, a las edades de inyección correspondientes:

Edad de la inyección (Días)	Esfuerzo soportado sin fallas (Mínimo)
1	2/3 fy
3	1.0 fy
7	5/3 fy

fy: Límite Elástico del acero empleado.

9.3 CONCRETO NORMAL

9.3.1 Generalidades

Este elemento estructural se utilizará en el revestimiento definitivo de todo el Túnel de Andén, en la construcción de los accesos y en las losas de fondo de los demás túneles.

Para los requisitos de resistencia se fijará concretos con f'c de 250 Kg/cm a los 28 días.

El tamaño máximo del agregado grueso será en su mayoría de 19 mm (3/4"), adecuado para las condiciones de armado y transportación por bombeo que se utilizará.

El tipo de cemento a utilizar se adecuará a las exixtencias en el mercado; siendo los más idóneas los correspondientes a los tipos III y I, pero tambíen podrá utilizarse el tipo C-2-Puzolánico.

9.3.2 Suministro

Debido a los grandes volumenes que se emplearán, éstos serán producidos en plantas premezcladoras instaladas en terrenos próximos a la obra; el transporte en superficie se hará en mezcladoras de tránsito y en el interior del Túnel mediante bombas para concreto hidráulico. Para introducirlo al ínterior del Túnel se colocarán ductos sobre el tipo de la Lumbrera colocando un tanque deflector y una tolva para recibirlo.

9.3.3 Pruebas de Calidad

Durante todos los colados, se llevará un muestreo sistemático del concreto, tomando cilindros para su ensaye a compresión. En los casos de incumplimiento en la resistencia, se corroborarán resultados mediante la extracción de corazones, loscuales serán ensayados para conocer su resistencia, y así poder establecer los criterior normativos.

9.3.4 Inyecciones de Contacto

Para rellenar los huecos entre el concreto lanzado primario y el concreto definitivo normal, que seguramente quedarán en la zona de clave; se especificaron inyecciones de contacto mediante mezclas, en donde se utilizarán los siguientes materiales:

Arena con módulo de finura mínima de 1.4.
Cemento, el existente en el mercado.
Bentonita, se utilizará como lubricante de inyección y para formar una suspensión que reduce la velocidad de decantación de los ingredientes.

Los ingredientes descritos se combinarán para producir los tipos principales de mezclas que se aplicarán de acuerdo a la absorción del barreno inyectado.

9.4 ACERO DE REFUERZO

Como refuerzo del concreto lanzado primario, se colocará una malla electrosoldada tipo 6x6-4/4 ó 6x6-6/6 con límite de fluencia de 5,000 Kg/cm2 y resistencia máxima de 5,700 Kg/cm2.

En el revestimiento definitivo tanto de concreto lanzado -

como de concreto normal, se utilizará acero de refuerzo con un-fy=4000 Kg/cm2 y grado R-42.

La verificación de la calidad de estos aceros se efectuará mediante pruebas mecánicas de tensión y doblado.

9.5 INSTRUMENTACION DE LOS TUNELES

9.5.1 Objeto de la Instrumentación

Para definir la magnitud y variaciones de los movimientos-horizontales y verticales que pudieran presentarse en el subsuelo antes, durante y después de realizar la excavación del túnel, en la zona inmediata a la excavación y en las áreas adyacentes, así como las presiones en los marcos de acero estructural, en - caso de que se utilicen como sistema de soporte provisional en-la excavación del túnel, será necesario implantar una instrumentación que permita determinar la magnitud y posibles variaciones de dichas deformaciones y presiones del subsuelo. Para ello será necesario llevar a cabo las mediciones de los aparatos en-las secciones de instrumentación tipo A (Fig. No. 9.5), que se-señalarán en este inciso, así como en las secciones de instrumentación tipo B (Fig. No. 9.6).

9.5.2 Ubicación de las Secciones de Instrumentación

Las secciones que se deberán instrumentar se localizarán - en sitios que se han seleccionado a lo largo de los túneles de-manera que se cumpla satisfactoriamente el propósito de esta -- instrumentación, al efectuar mediciones antes, durante y des--- pués de realizar la excavación del túnel, en las estaciones de-instrumentación. La ubicación de algunas de las diferentes secciones de instrumentación se muestran en las figuras Nos. 9.3 y 9.4.

9.5.3 Instrumentos a colocar en las Secciones de Instrumentación

El tipo de movimiento del subsuelo que se requiere conocer con la instrumentación y el tipo de instrumentos con los cuales se deberán realizar las mediciones en cada una de las secciones de instrumentación, tipo A, se señalan en los siguientes párrafos:

CROQUIS DE LOCALIZACION

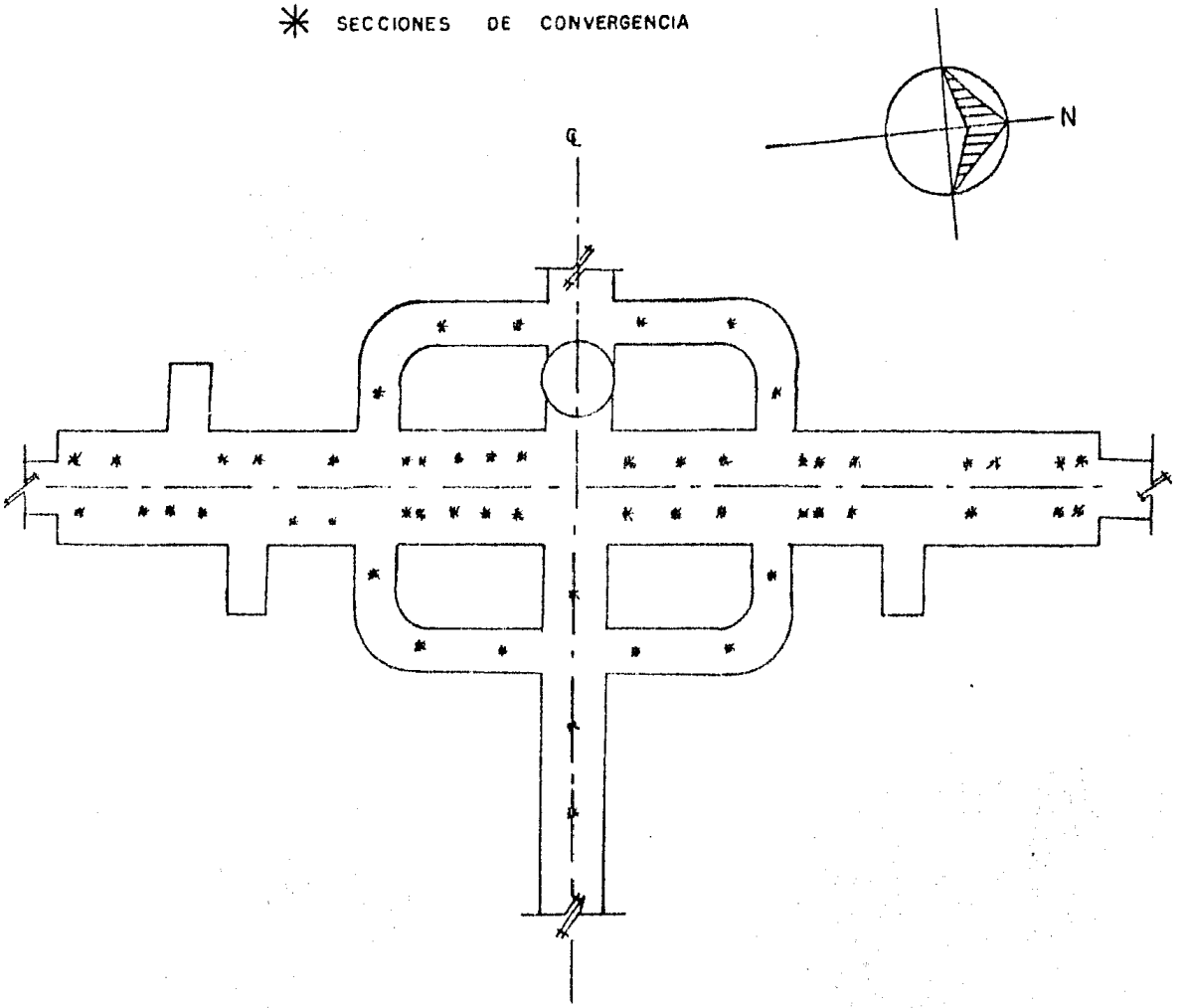


Fig. 9.3 Convergencias.

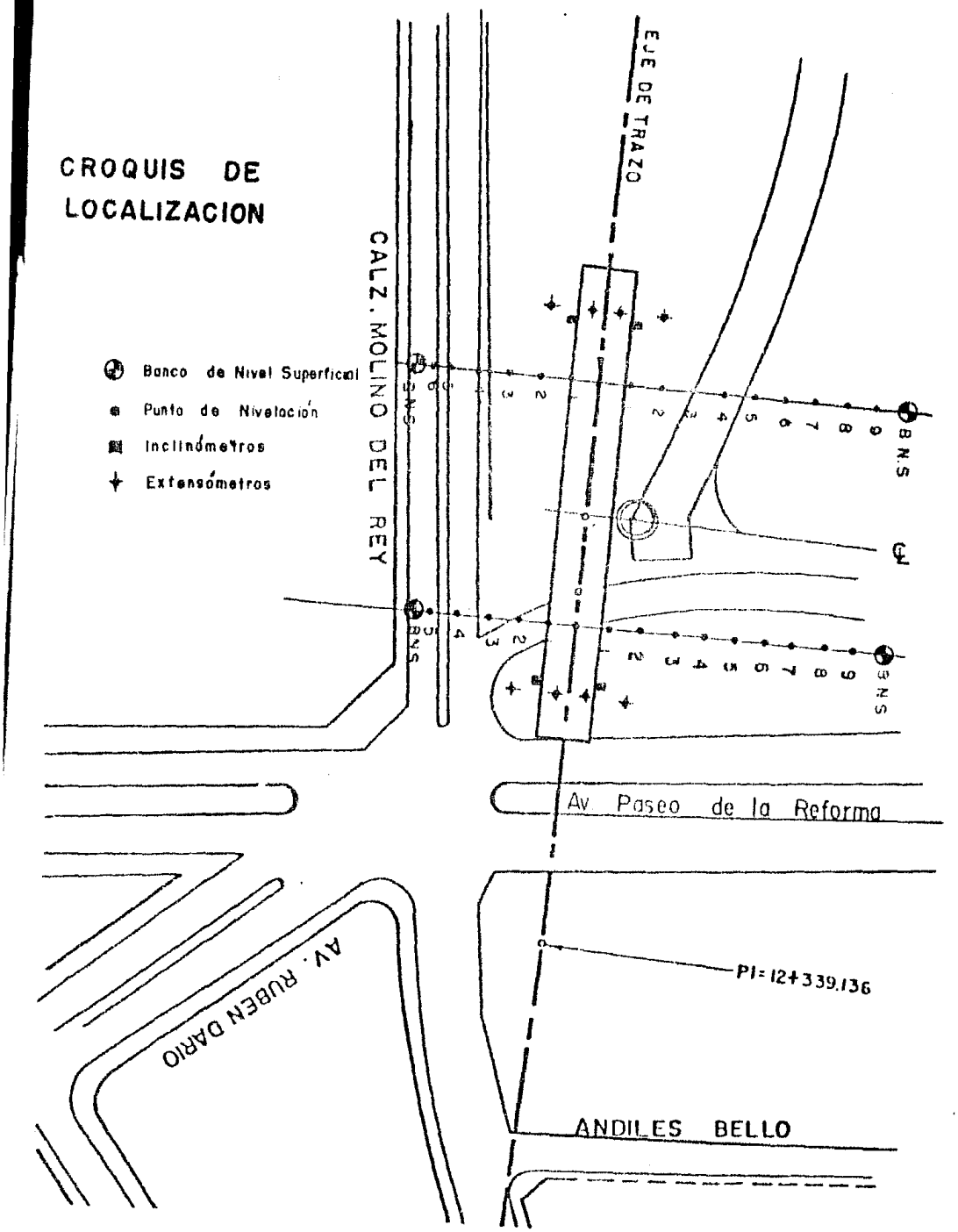


Fig. 9.4 Extensómetros, Inclinómetros y Nivelaciones.

a) Movimientos Horizontales.- Para medir los movimientos horizontales en la zona inmediata a la zona de excavación de un túnel se instalarán aparatos denominados inclinómetros, (dos) -- uno en cada lado del eje del túnel, de tal forma que queden -- ubicados a 50 cm de la pared del túnel y a una profundidad tal que su punto inferior quede a una distancia de 2 diámetros bajo el piso del túnel. (Fig. No. 9.5).

Se introduce en el terreno un tubo relativamente flexible cuya original verticalidad se modifica cuando ocurren los desplazamientos horizontales. Esta tubería es de 8.1 cm de diámetro, 0.22 cm de espesor en tramos de 1.5 a 3.0 m de longitud.

El aparato consta de una unidad sencible, una caja con -- los necesarios controles eléctricos, cable conector y una tubería para ser colocados en el terreno, ranurada en 2 planos ortogonales entre sí (Figs. Nos. 9.5-a y 9.5-b y b').

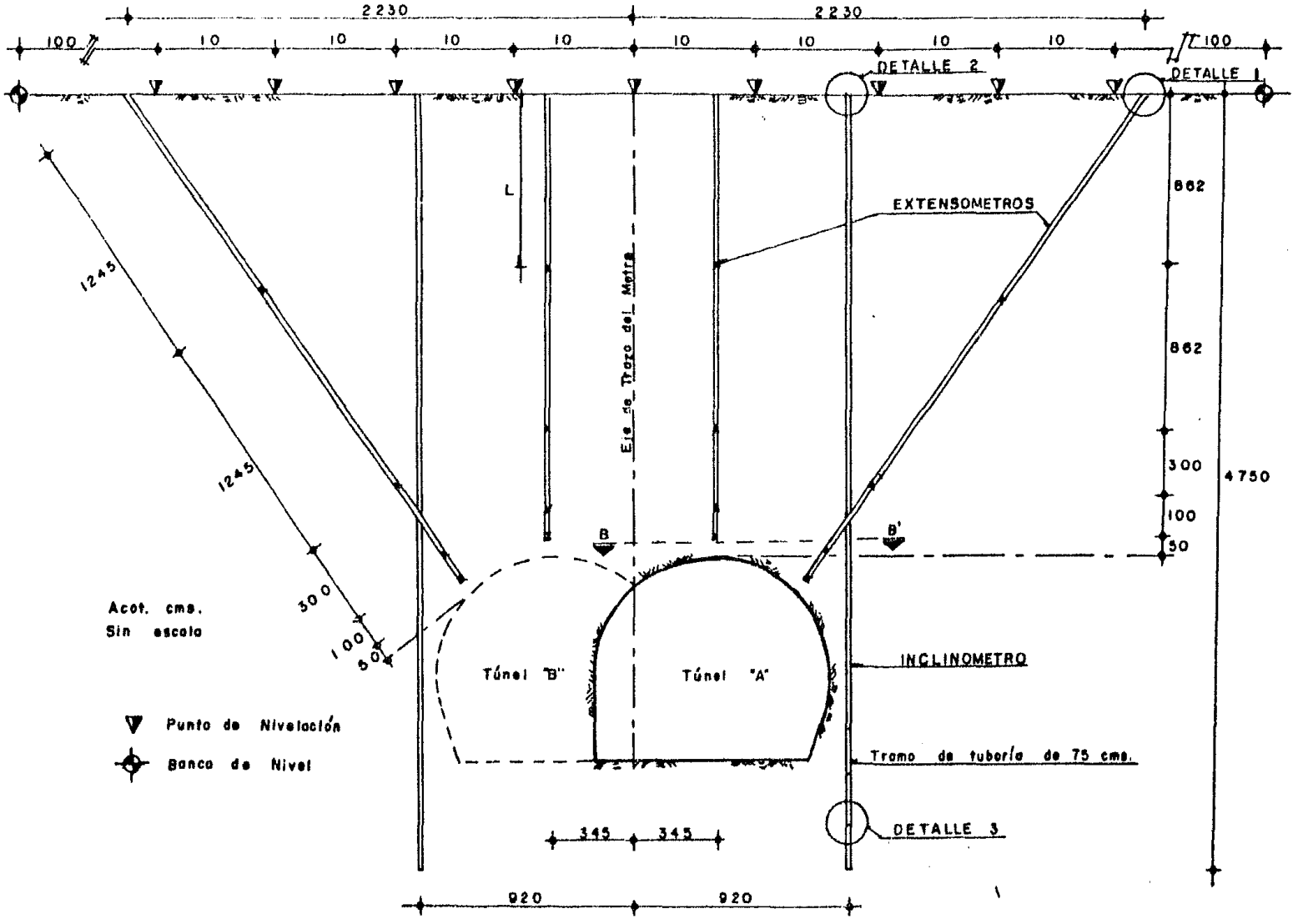
Para introducir la tubería del inclinómetro se deberá realizar una perforación de 6" de diámetro, los tramos de tubería deberán tener una longitud de 75 cm, unidos con coples de 30cm de largo traslapados sobre la tubería del inclinómetro en una longitud de 7.5 cm. a cada lado del cople, este traslape se deberá realizar a base de remaches y fleje cubriendo toda la longitud del cople con cinta plástica y recubriendo finalmente -- con cera.

La colocación de la tubería deberá realizarse de tal manera que el material que se introduzca entre el suelo y la tubería sea una lechada de agua-cemento (0.4), para facilitar los posibles movimientos horizontales de la tubería. La orientación de la tubería deberá realizarse de tal manera que la línea que forma dos ranuras opuestas quede paralela al eje del - túnel.

La ubicación y detalle de la tubería de los inclinómetros se muestra en la figura No. 9.5.

b) Movimiento del Subsuelo hacia la Excavación del Túnel.- Para conocer los movimientos del subsuelo que se producen en forma convergente hacia la excavación del túnel medidos desde la superficie del terreno, será necesario instalar extensómetros sobre la excavación del túnel, uno vertical sobre el eje de -- vía del túnel y dos inclinados, uno de cada lado del mismo eje, entre 30°y 45°, cuando se trate de un solo túnel, en el caso --

Fig. 9.5 Instrumentación Tipo "A", Inclinómetros , Extensómetros y Nivelaciones S.



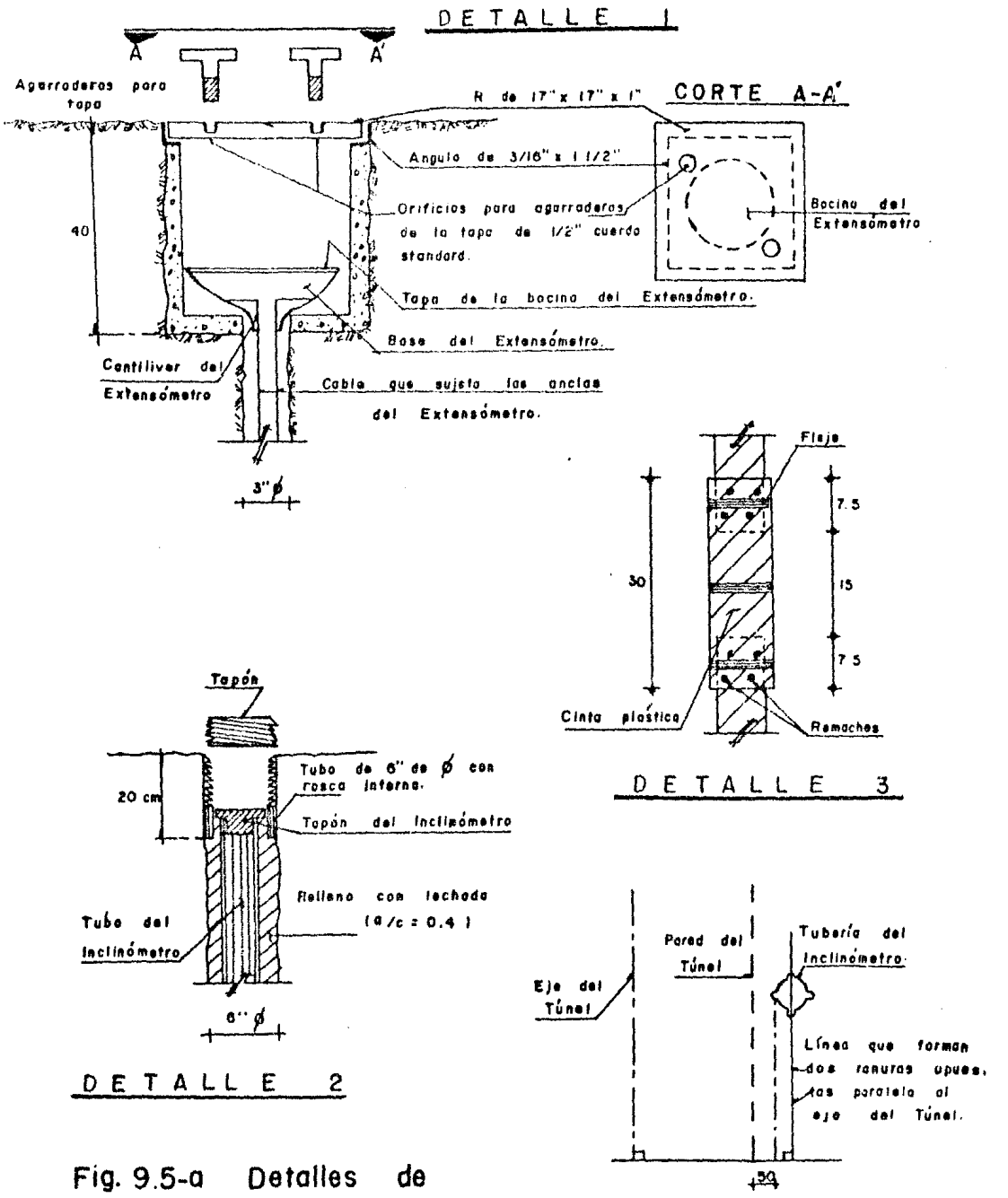
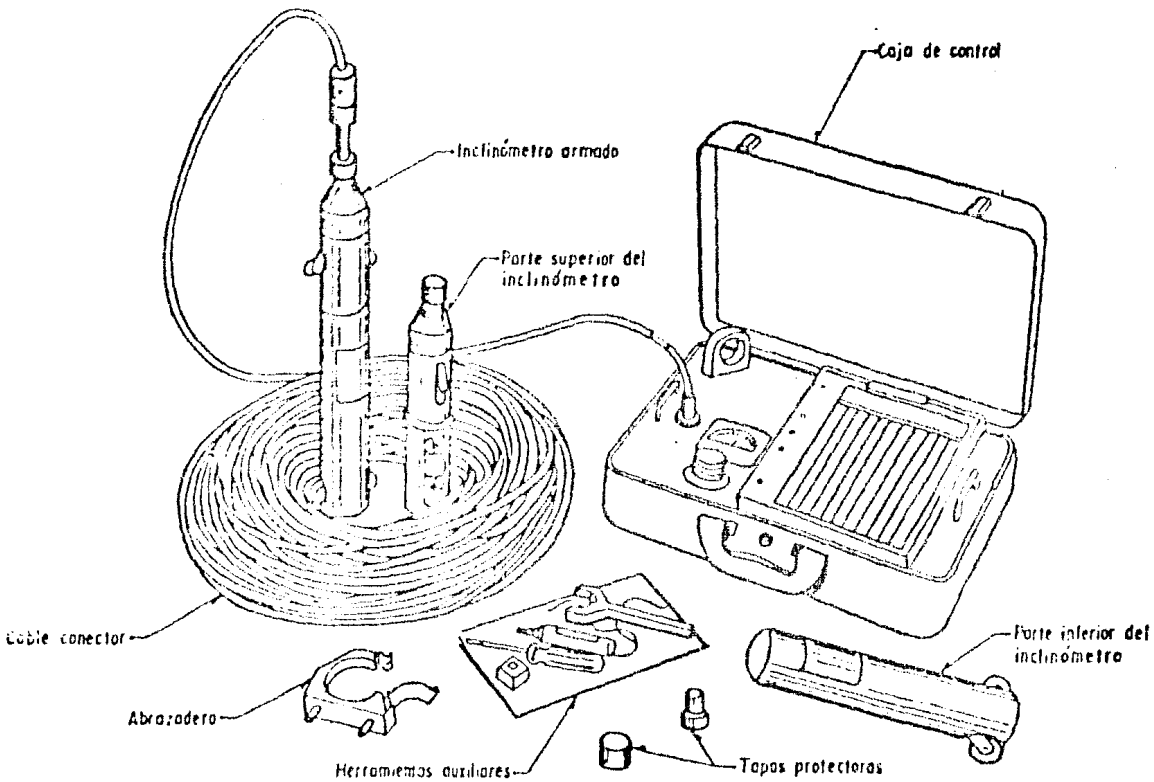


Fig. 9.5-a Detalles de Instrumentación tipo "A".

de túnel en estación se instalarán dos extensómetros verticales uno sobre el eje de cada túnel y dos inclinados, de tal forma que se mida el posible movimiento radical que pase por el centro del túnel como se indica en la figura No. 9.5, el dispositivo de este aparato se muestra en la fig. No. 9.5-c.

Fig. 9.5-b Inclinómetro completo.



La perforación para la colocación de las anclas del extensómetro, tanto en el vertical como en los inclinados deberán ser de 3" de diámetro la cual se llevará hasta una profuncidad tal, que la parte profunda de la perforación quede a 50 cm. de la pared del túnel, la colocación de los cuatro puntos de medi

ción se realizará de la siguiente forma: el más profundo se colocará en el tope de la excavación, el segundo a un metro, el tercero a tres metros a partir del segundo y cuarto se colocará a la mitad de la distancia que resulte entre el tercer punto y la superficie del terreno.

La perforación y la ubicación de las anclas del extensómetro se muestra en la figura No. 9.5

c) Movimientos Verticales.- Para registrar los asentamientos del subsuelo en las áreas adyacentes a la excavación del túnel será necesario realizar nivelaciones topográficas en los puntos superiores de cada uno de los inclinómetros y extensómetros. Adicionalmente se colocarán puntos de nivelación a cada 10m a partir del eje del túnel a ambos lados del mismo hasta una distancia entre 50 y 100m, según lo permita el sitio en obra; en los extremos de estas líneas de nivelación se colocará un banco de nivel a 1m. de profundidad, (Fig. No. 9.5).

Esta instalación de puntos de nivelación y bancos de nivel superficiales se muestran en la figura No. 9.5

d) Movimientos Convergentes.- Para determinar los movimientos de las paredes del túnel hacia el interior del mismo con mediciones realizadas desde el interior del túnel, será necesario instalar puntos de referencia tipo ancla con la distribución que se muestra en la figura No. 9.6.

e) Movimientos en Los Tensores.- Estos instrumentos tienen como finalidad tener bajo observación y controlar la fuerza de tensión que se provoca en los tensores instalados en el túnel de andén poniente de la estación al momento de realizar la excavación del túnel de andén oriente Ver. siguiente figura (Fig. No. 9.7.

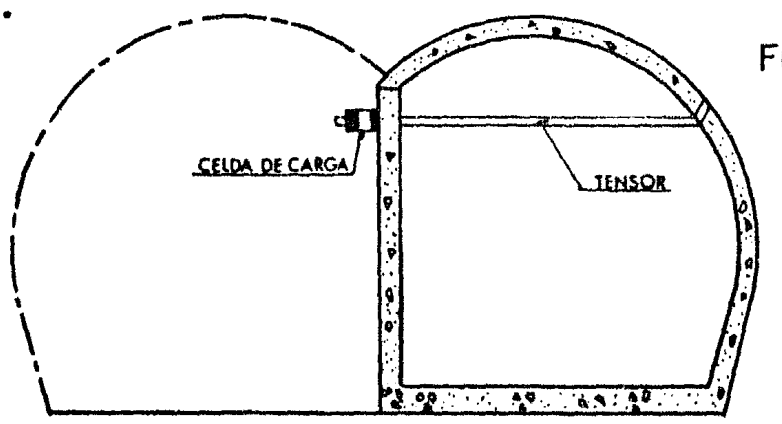


Fig. 9.7
Celdas de carga.

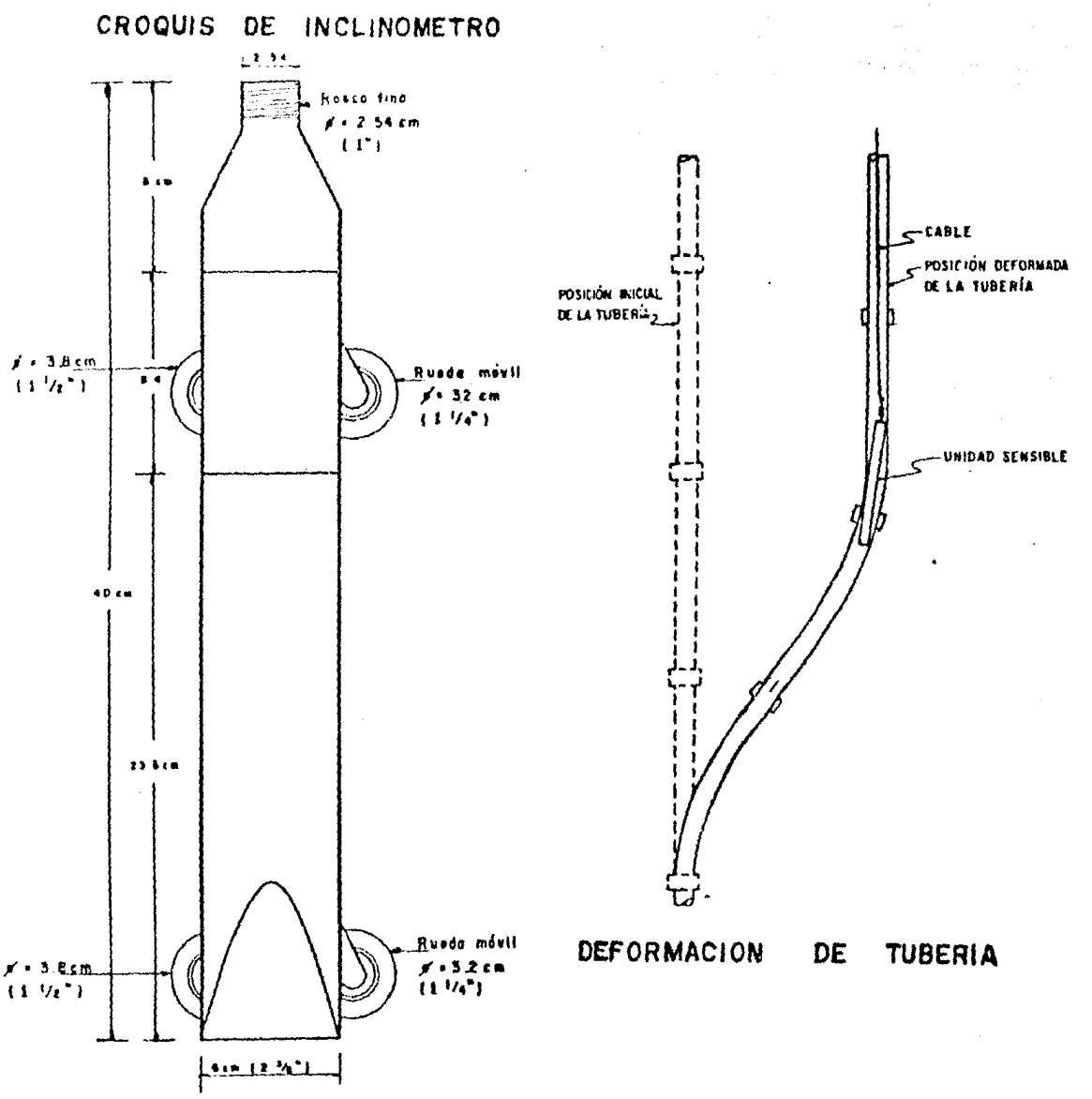
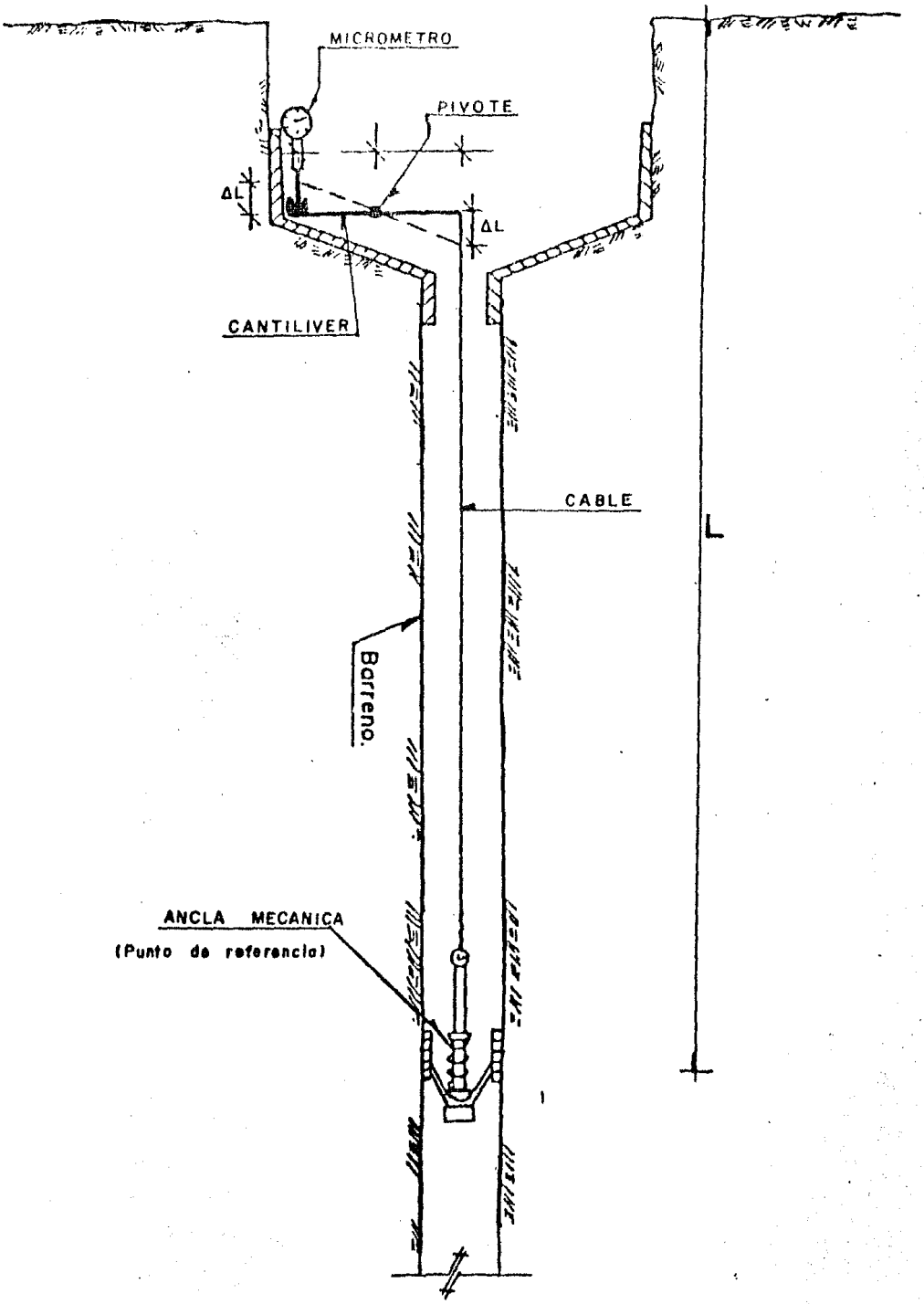
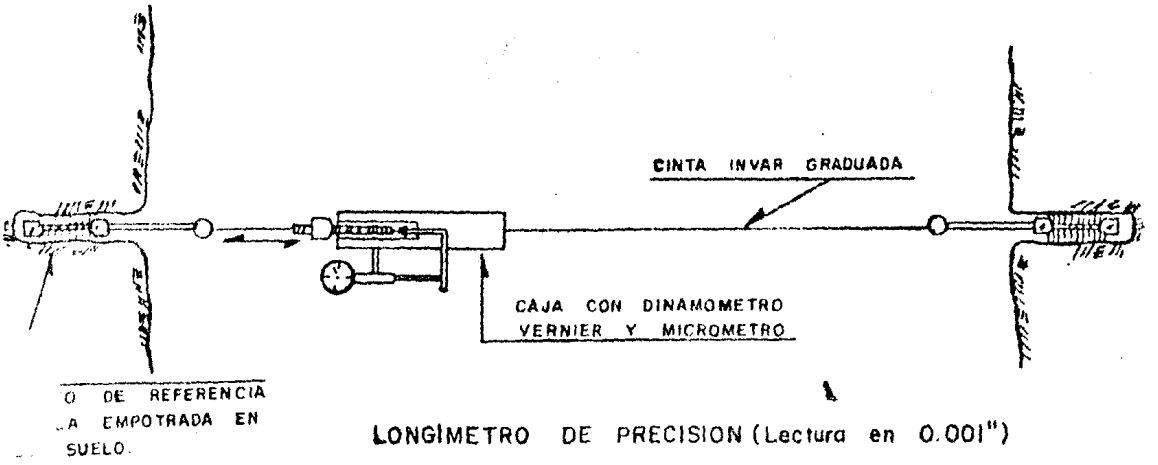


Fig.9.5-b' Detalles del Inclinómetro.

Fig. 9.5-C Dispositivo del Extensómetro.





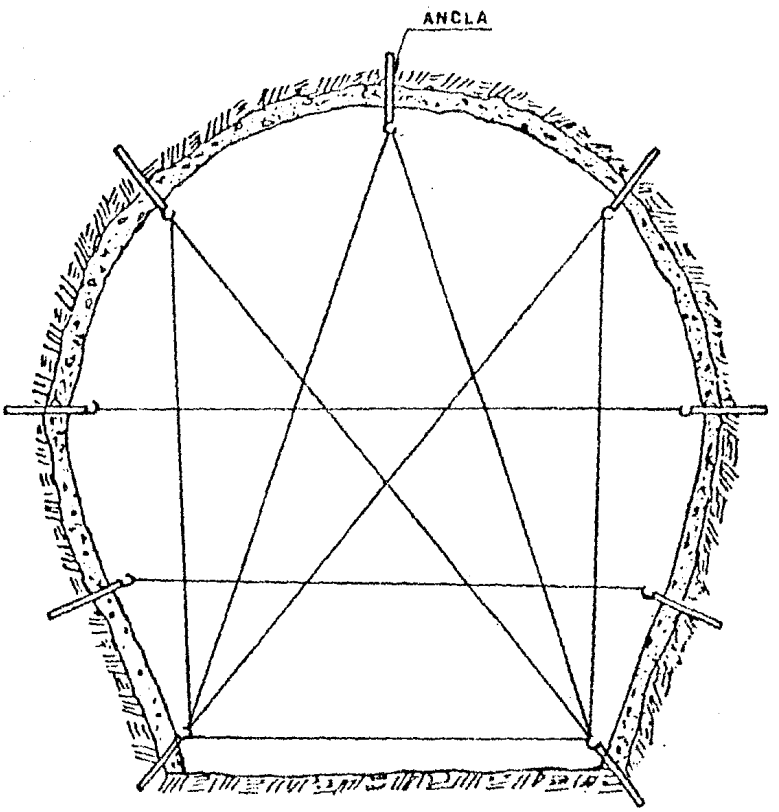


Fig. 9.6 Instrumentación Tipo "B", Convergencias.

Para lograr lo anterior se instalarán seis celdas repartidas en dos secciones de tres celdas cada una; cada grupo de tres celdas se instalará en tensores consecutivos en la ubicación que se decida en campo.

Cabe hacer notar que los tensores que se instalan en el túnel de andén poniente deberán estar instalados en una distancia de cuando menos 12m adelante del frente de excavación del túnel de andén oriente, por lo que los tensores en que se piense colocar celdas deberán encontrarse ya instalados en las mismas condiciones.

9.5.4. Periodicidad de las Observaciones

Las nivelaciones topográficas sobre los extensómetros, inclinómetros y bancos de nivel; las lecturas de los extensómetros, las lecturas con inclinómetros, y las lecturas de los puntos de referencia en el interior del túnel, deberán ser realizadas con la siguiente periodicidad:

1.- Todos los instrumentos colocados desde la superficie del terreno, de cada una de las estaciones de instrumentación tipo A, deberán estar colocados y leídos cuando el frente de excavación se encuentre a una distancia mínima de tres diámetros del túnel antes de cruzar la sección de instrumentación.

2.- Los puntos de referencia internos deberán colocarse inmediatamente después de descubrir cada una de las secciones de instrumentación tipo B establecidas en el inciso 9.5.2.

3.- Las lecturas en los instrumentos colocados desde la superficie del terreno en las estaciones de instrumentación tipo A, se tomarán por lo menos una vez al día mientras el frente de la excavación del túnel esté entre los tres diámetros anteriores y tres diámetros posteriores a la estación de instrumentación, una vez cada semana en el siguiente avance de tres diámetros, una vez cada quince días en el siguiente avance de tres diámetros y una vez cada mes hasta concluir con el revestimiento final de túnel.

4.- Las lecturas en los instrumentos colocados en el interior del túnel en las secciones de instrumentación tipo B, se tomarán por lo menos una vez al día mientras el frente de la excavación avance a través de los siguientes tres diámetros después de la sección de instrumentación, una vez cada semana en el si-

guiente avance de tres diámetros, una vez cada quince días durante el siguiente avance de tres diámetros y una vez cada mes hasta que quede concluído el revestimiento final del túnel.

5.- Las nivelaciones en el punto superior de cada uno de los instrumentos se realizarán una vez al día mientras el frente de la excavación del túnel está entre los tres diámetros anteriores y tres diámetros posteriores a la sección de instrumentación, una vez cada semana en el siguiente avance de tres diámetros, una vez cada quince días en el siguiente avance de tres diámetros y una vez cada mes hasta el momento en que durante cuatro semanas no se aprecie variaciones de consideración en las lecturas registradas.

6.- La secuencia de lecturas en las celdas de los tensores deberá ser de una lectura por día desde el momento de su instalación hasta que la excavación del túnel de andén oriente se encuentre a tres diámetros de túnel después de haber pasado por la ubicación de las celdas; de una lectura por semana en los siguientes tres diámetros de avance y de una lectura mensual apartir de que los registros muestren una estabilidad en la tensión obtenida de los tensores.

7.- Todas las lecturas en los instrumentos y dispositivos se interrumpirán tres meses después de haber terminado las labores de construcción en la ubicación de la zona instrumentada.

9.5.5 Instalación, Observaciones e Interpretaciones de Las Mediciones.

1.- Instalación.- Los instrumentos que se instalen para acatar esta especificación serán instalados por personal especializado en estas actividades. Para la instalación de los instrumentos el constructor brindará las facilidades y materiales de uso de mano de obra que requiera el instrumentista y que en general son de carácter menor. Es fundamental que el constructor colabore con el instrumentista en el cuidado de los instrumentos para evitar que sean dañados desde el momento en que son colocados en la obra hasta la entrega de ésta a COVITUR.

2.- Observaciones.- Todos los instrumentos que se instalen para acatar estas especificaciones, deberán ser observados para tomar lecturas diariamente desde el momento en que se determine su instalación.

3.- Interpretación de las Mediciones.- El instrumentista deberá interpretar los registros de las mediciones a fin de reportar - sólo la magnitud de los parámetros que se especifica medir. La- interpretación completa requiere de la colaboración del proyectista y trabajo conjunto con el enstrumentista para establecerla final comparación entre las magnitudes predichas en el análisis y diseño y aquellas registradas por las mediciones.

9.5.6 Presentación de Los Resultados de La Medición

Todas las mediciones realizadas deberán reportarse en forma gráfica, relacionando con el tiempo las cotas de las nivelaciones y las lecturas de todos los instrumentos instalados en - las secciones de instrumentación tipo A y tipo B. Un juego de - éstas gráficas serán reportadas a COVITUR, y otro juego al proyectista enviándolas a sus respectivas oficinas.

C A P I T U L O X

CONCLUSIONES

C O N C L U S I O N E S

Es necesario concluir, que el utilizar Concreto Lanzado como revestimiento definitivo en los túneles secundarios ---- (conexión, distribución, etc.), se debe básicamente a que las secciones de éstos son muy irregulares en cuanto a sus - dimensiones, considerando que la longitud total de éstos no justifica la construcción de cimbra metálica para utilizar - concreto hidráulico, por lo que se pensó que sería más práctico y económico hacerlo con Concreto Lanzado.

Otro aspecto interesante que se menciona en este trabajo, es la mezcla de dos sistemas de construcción diferentes; como son el procedimiento a cielo abierto, utilizando en la construcción de los Accesos y el sistema en túnel, utilizado en los otros elementos de la " Estación ", sistemas que fueron descritos lo más claramente posible en parrafos enteriores.

Cabe hacer la aclaración que las figuras que muestran - el armado de algunas estructuras de los túneles, son únicamente ilustrativas, ya que el anális y cálculo correspondiente no es el objeto de este tema.

También como parte fundamental de este trabajo, puedo - decir que una conclusión respecto al mismo se ve reflejada - en los métodos convencionales de construcción del Metro que ya conocemos; procedimiento a cielo abierto, procedimiento - superficial y procedimiento a nivel elevado.

Por mencionar algunas de las principales ventajas está el que la vialidad no se ve afectada por la construcción de la " Estación ", por lo que disminuye notablemente las molestias a la ciudadania al no hacer cierres de avenidas o -- vialidades importantes.

En particular me fué muy grato, presentar en este trabajo, el procedimiento constructivo de un sistema de túneles, - así como los principales detalles y factores que se involucran en una obra de la magnitud de ésta; el cual constituye una guía o trabajo de consulta para quien esté interesado en el tema.

B I B L I O G R A F I A

Memoria de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano.
COVITUR 77-82 México

Planos y Especificaciones de Construcción.
Ingenieria de Sistemas de Transporte Metropolitano, ---
ISTME, México

Especificaciones de Instrumentación.
Geosistemas, S.A. de C.V. México

Especificaciones de Instrumentación.
Consultas, Ingenieros Asociados, S.C. México

Uso del Concreto Lanzado como soporte Temporal y revestimiento definitivo en los Túneles de la Ciudad de México.
Ingeniero M. Roberto Ocampo Franco. México

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres.
(Volumen 2) Ing. Alfonso Rico Rodriguez Y Hermilo del-Castillo. México.