

294
2010

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



**“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL
PUENTE VEHICULAR
SANTA MARIA PURISIMA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
ESTEBAN PALMA BAUTISTA

DIRECTOR DE TESIS: ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ



MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE CRUCE



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-021/94

Señor
ESTEBAN PALMA BAUTISTA
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE VEHICULAR SANTA MARIA PURISIMA"

- I. INTRODUCCION
- II. GENERALIDADES
- III. INFRAESTRUCTURA
- IV. ESTRUCTURA
- V. SUPER ESTRUCTURA
- VI. TERRACERIA Y PAVIMENTOS
- VII. CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 5 de abril de 1994.
EL DIRECTOR.

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl

A MI MADRE:

Porque eres el sentimiento más grande y noble de mi vida, y con nada podría pagar lo feliz que me has hecho

A MI PADRE:

Por su gran ejemplo.
Por su gran esfuerzo para que fuera un hombre útil a la sociedad, pero sobre todo por su cariño con el que siempre ha guiado a nuestra familia.

A MIS HERMANOS:

Vos: Por trazarme con firmeza nuevas metas cada día.

Rick:: Por su gran nobleza y tenacidad para cumplir sus propósitos.

Gaby: Por la fuesa de carácter que se conjuga con un humor extraordinario.

A los tres les agradezco todo su apoyo y toda la confianza que han depositado en mí, en este tiempo de formación.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

Porque es el máximo sueño al que puede aspirar un estudiante.

A DIOS.

Por el que todo es posible

A MIS ABUELOS

**Sarita Flores Guevara
Florentino Palma Martínez**

y

**Victoria Ruiz P.
Juventino Bautista Hernández.**

AL ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ

**Que bajo su dirección fue posible la
realización de este trabajo.**

INDICE

I.	INTRODUCCION	2
II.	GENERALIDADES	6
2.1	DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA	6
2.2	PROCESO CONSTRUCTIVO GENERAL Y PROGRAMA DE OBRA ...	13
2.3	MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA	20
2.4	CONTROL DE CALIDAD	24
2.5	CONFINAMIENTOS	27
2.6	TOPOGRAFIA	28
2.7	DISTRIBUCION ADMINISTRATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE LA OBRA	31
III.	INFRAESTRUCTURA	35
3.1	MUROS MILAN.	36
	3.1.1 EXCAVACION EN ZANJA.	36
	3.1.2 CONSTRUCCION DE BROCALES.	36
	3.1.3 EXCAVACION DE TRINCHERA.	36
	3.1.4 COLOCACION DE ARMADO PARA MURO MILAN.	41
	3.1.5 COLOCACION DE CONCRETO EN MURO MILAN.	43
3.2	REPARACION DE MUROS MILAN.	47
3.3	IMPERMEABILIZACION Y SELLADO DE FILTRACIONES EN CAJONES DE CIMENTACION.	54
3.4	BOMBEO PREVIO A LA EXCAVACION DE NUCLEO.	58
3.5	EXCAVACION DE NUCLEO.	62
3.6	TROQUELAMIENTO.	72
3.7	MONITOREO Y PREVENCION.	79
3.8	BANCOS DE NIVEL FLOTANTE.	79
3.9	LOSA DE CIMENTACION.	83
3.10	MURO MEDIANERO Y DADOS DE CIMENTACION.	91
3.11	TABLETAS PREFABRICADAS.	98

IV.	ESTRUCTURA	108
4.1	FIRME DE COMPRESION, TRABES DE LIGA Y DADOS EN DESPLANTE DE COLUMNAS	112
4.2	COLUMNAS	117
	4.2.1 ACERO EN COLUMNAS.	123
	4.2.2 CIMBRA EN COLUMNAS.	128
	4.2.3 CONCRETO EN COLUMNAS.	133
4.3	CAPITELES.	134
4.4	CABEZALES.	140
	4.4.1 CIMBRA EN CABEZALES.	141
	4.4.2 ACERO EN CABEZALES.	143
	4.4.3 CONCRETO EN CABEZALES.	144
4.5	DIAFRAGMAS METALICOS.	150
4.6	MUROS ESTRIBO.	153
4.7	MUROS DE CONTENCION.	157
4.8	TABLETAS PREFARICADAS EN RAMPAS DE ACCESO.	161
V.	SUPERESTRUCTURA	165
5.1	FABRICACION DE TRABES PREFABRICADAS	170
	5.1.1 ACERO DE REFUERZO	170
	5.1.2 APLICACION DEL PREESFUERZO	175
	5.1.3 ACERO DE PREESFUERZO	178
	5.1.4 DUCTOS Y ANCLAJES	180
	5.1.5 CIMBRA	183
	5.1.6 CONCRETO PREESFORZADO	192
	5.1.7 MORTERO PARA INYECCION	205
	5.1.8 PERNOS DE FIJACION, APOYOS DE NEOPRENO Y PREPARACION DE PLACA PARA DIAFRAGMAS	208
5.2	ALMACENAMIENTO EN PLANTA	211
5.3	TRANSPORTE	212
5.4	ALMACENAMIENTO A PIE DE OBRA	213
5.5	MONTAJE	214
5.6	APOYOS MOVILES	216
5.7	FIRME DE COMPRESION	220
5.8	PARAPETOS	221

VI.	TERRACERIAS Y PAVIMENTOS	228
6.1	TERRAPLEN ALIGERADO.	228
6.2	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO EN DIFERENTES ZONAS DE VIALIDAD.	234
6.3	CAPA SUB-RASANTE.	237
6.4	CAPA SUB-BASE.	237
6.5	CAPA DE BASE.	241
6.6	RIEGOS ASFALTICOS.	244
6.7	BASE ASFALTICA.	245
6.8	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.	247
6.9	RIEGO DE SELLO.	252
6.10	REQUISITOS DE CALIDAD EN LOS MATERIALES PETREOS PARA CONCRETO ASFALTICO.	253
6.11	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA EN LA CONSTRUCCION.	254
6.12	PRUEBAS DE MATERIAL DE BANCOS DE PRESTAMO.	254
6.13	MEDICIONES EN SUB-BASE Y BASE COMPACTADAS.	255
6.14	PRUEBAS EN LA CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.	257
6.15	CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LA CARPETA EN ZONA DE PEINES SOBRE LOS APOYOS MOVILES.	261
VII.	CONCLUSIONES	266
	BIBLIOGRAFIA	269

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

El crecimiento acelerado de la Cd. de México acarrea un sin fin de problemas viales, creando la necesidad de ampliar y modernizar sus sistemas de transporte.

El sistema de Transporte Colectivo Metro se ve precisado a crecer, conjuntamente con los sistemas viales ciudadanos.

El Departamento del Distrito Federal, ha enfocado fuertes recursos en la construcción de vialidades, destacando los puentes vehiculares, durante el presente sexenio.

En los últimos 3 años se mejoró el tráfico vehicular, implementando un sistema de puentes con una estructura civil similar. A continuación se citan algunos.

Sobre la Av. Periférico funcionan ya varios de ellos:

Distribuidor vehicular Tlahuac.
Distribuidor vehicular Ermita Iztapalapa.
Puente vehicular Alameda Oriente.
Puente vehicular Gran Canal.

En la Calzada de Tlalpan:

Puente vehicular Municipio Libre.
Puente vehicular Emiliano Zapata.
Puente vehicular División del Norte.

A lo largo de la Av. Francisco del Paso y Troncoso se construyen los siguientes puentes para librar el paso de la línea No. 8 del metro, en sus tramos superficiales.

Puente vehicular Churubusco.
Puente vehicular Aculco.
Puente vehicular Santa María Purísima.
Puente vehicular Apatlaco.
Puente vehicular Tezontie.

Varios de estos puentes ya han sido concluidos y los demás siguen en proceso de construcción. Existe un gran parecido respecto a sus sistemas estructurales, pues todos constan de cajones de cimentación en los cuales se desplantan columnas con capitel, para formar ejes de apoyo.

Sobre estos apoyos descansa la superestructura; de traveses prefabricadas unidas por un firme de compresión; dando lugar a la formación de la pista de rodamiento.

ESTRUCTURAS COMUNES EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES VEHICULARES ACTUALMENTE EN LA CD. DE MEXICO.

- 1) Cajones de cimentación (Piloteados).
- 2) Columnas con capitel.
- 3) Superestructura de traveses prefabricadas.
- 4) Firme de compresión.

El presente trabajo tiene como finalidad analizar el proceso constructivo de un puente en particular, el cual presenta una cimentación especial, pues usa el cajón del Metro para desplantar las estructuras subsecuentes. El puente en estudio es el "Santa María Purísima".

El procedimiento podrá ser utilizado como una fuerte referencia para la construcción de futuros puentes.

Generalmente cuando se hace entrega del proyecto al contratista, sólo se le provee de planos y especificaciones, careciendo de una metodología que pueda seguir como constructor.

Es de vital importancia que la residencia de obra conozca y perciba con suma claridad todas las características físicas y tiempo de ejecución en las diferentes actividades, para plantear el proceso constructivo más económico, breve y que le reditúe mayor utilidad.

Con el estudio de esta tesis podrá considerar situaciones y elementos para elaborar sus propios métodos de construcción, de acuerdo a los recursos con que disponga (existiendo un mínimo necesario).

Se pretende además, dar un panorama claro de la solución a un problema de tráfico vehicular con una obra civil (Puente vehicular) desglosando y explicando cada una de las partes estructurales que la constituyen.

En todos los casos descritos, hay que recurrir siempre a todo lo estipulado en proyecto, ya que únicamente se propone un sistema de trabajo para alcanzar los objetivos de construcción.

CAPITULO II

GENERALIDADES

II. GENERALIDADES.

2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA.

El puente vehicular "Sta María Purísima" se localiza sobre el eje vial 5 sur del mismo nombre, y librara el cruce con la estación del Metro Apatlaco, que se sitúa en el eje vial 3 oriente, con nombre de Av. Francisco del Paso y Troncoso en la ciudad de México, D. F., (ver fig. 2.1).

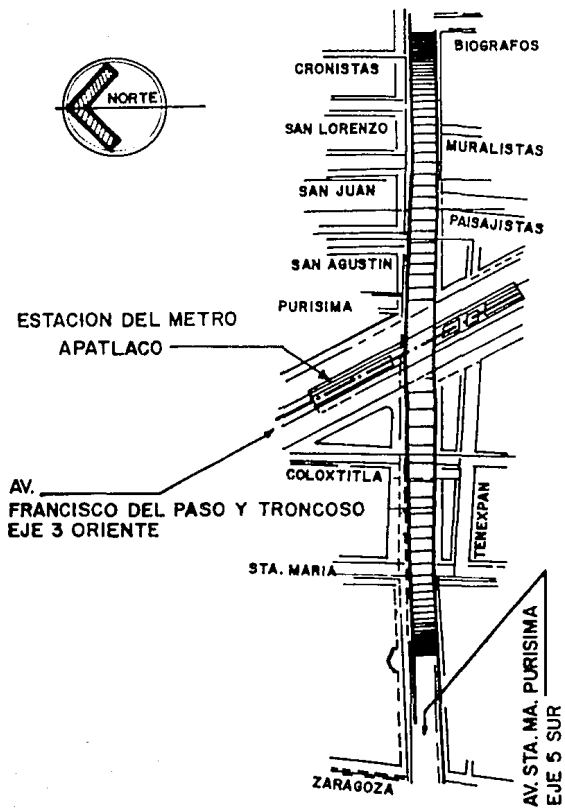
El eje de referencia que sirve de trazo al puente, de manera longitudinal arranca junto con el inicio de la rampa de acceso oriente, poco antes de la calle Biógrafos y avanza gradualmente, alojando a su paso los diferentes apoyos donde se construirán las estructuras que integran dicho puente; concluyendo con el fin de la rampa de descenso cerca de la calle Zaragoza; todo sobre el eje 5 Sur.

La longitud total desde el inicio de rampa oriente a la terminación de la rampa poniente es de 392.5 m. no incluyendo el descenso por medio de la continuación del terraplén hasta encontrar el pavimento existente en la calle (ver. fig. 6.1); si se incluye esta distancia, la longitud entre el inicio desde el nivel existente hasta la terminación donde se igualan los niveles de calle y pista de rodamiento es de 556.72m.

Por otra parte diremos que se trata de un puente para tránsito vehicular y su funcionamiento esta ligado a la estación del Metro, pues en la parte superior, se tiene contemplada una parada para autobuses y colectivos. Los usuarios saldrán de la estación directamente a su mezzanine, y ahí podrán abordar los vehículos para transporte público.

El puente "Sta María Purísima" esta compuesto por varios sistemas estructurales, que trabajando en conjunto determinan el funcionamiento de esta obra civil.

Para tener una idea clara de los sistemas, los dividiremos en cuatro principales: INFRAESTRUCTURA, ESTRUCTURA, SUPERESTRUCTURA, TERRACERIAS Y PAVIMENTOS



CROQUIS DE LOCALIZACION DEL PUENTE PURISIMA

INFRAESTRUCTURA.

Es el primer puente en México que se desplanta sobre cajón del Metro, es decir que el cajón que forma la estación del Metro sirve como cimentación para el puente vehicular.

Con la construcción del Puente únicamente se excavarán 6 cajones de cimentación, que constan de losa de fondo, costado laterales (Muros Millán), dados de cimentación (pilas de carga) y son tapados con tabletas prefabricadas unidas con un firme de compresión.

Se resalta que los cajones cuentan con 2 muros laterales temporales, ubicados en forma transversal al eje de trazo del puente; los llamaremos muro tapón, serán demolidos cuando se realice la construcción de la estación APATLACO, dando continuidad a los cajones de esta etapa, por que la circulación del Metro será a través de ellos.

Los 2 cajones de cimentación ubicados al principio y fin del puente son de un ancho menor que los 4 cajones intermedios es consecuencia de que la estación Apatlaco sólo cubrirá la longitud de los cajones centrales, siendo los dos de los extremos únicamente paso de los trenes.

El ancho en los cajones centrales es mayor por tener además del paso del tren, los andenes de abordaje y descenso de pasajeros a lo largo del cajón, están dotados de un muro medianero que divide el cajón en 2 partes a lo largo del eje de puente y contienen 2 pilas de carga en su longitud.

ESTRUCTURA.

Son las obras civiles que se desplantan a partir de la Infraestructura (cimentación) y sostienen la superestructura prefabricada.

Sobre cada uno de los cuatro cajones centrales de cimentación, se hallan 2 ejes de apoyo que contienen 4 columnas, sumando 8 piezas por cada cajón.

Las columnas son de carga y su remate superior cuenta con un capitel, que a manera de ménsula cargará las traveses prefabricadas.

Para ayudar a la resistencia de las columnas se construirá un dado en su inicio por ser donde presenten un mayor momento flexionante.

Las columnas son inclinadas con respecto al eje de apoyo, y cuando han sido cargadas con las traveses, se unirán con un cabezal de concreto ubicado a lo largo del eje de apoyo, sobre los capiteles.

Los 2 cajones exteriores soportan a los 2 muros estribo que, junto con los muros de contención marcan las rampas de acceso y descenso del puente.

Los muros estribo son el apoyo inicial y final de la superestructura prefabricada (ver fig. 6.1).

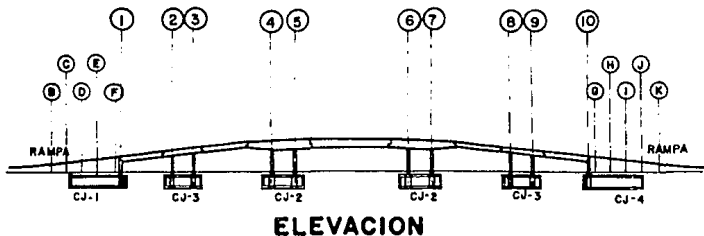
SUPERESTRUCTURA.

Para librar los claros del puente, es necesario una superestructura constituida por traveses prefabricadas y preesforzadas, unidas por un firme de compresión, que es la base estructural de la pista de rodaje.

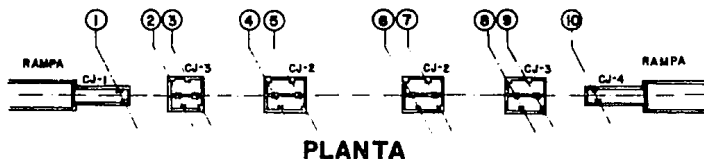
Sobre los costados de las traveses prefabricadas se encuentran los parapetos de concreto y metálicos en las orillas del puente. Los dos cajones de principio y fin presentan una reducción de longitud en su ancho, repercutiendo en el ancho de pista de rodaje en esa zona. Para cubrir ese vado se utilizan tabletas prefabricadas.

La superestructura se encuentra sobre los capiteles de las columnas y dentro del espacio entre muros estribo.

PUENTE VEHICULAR "STA. MARIA PURISIMA".



ELEVACION



PLANTA

SISTEMAS ESTRUCTURALES:

INFRAESTRUCTURA.- MUROS MILAN, LOSA DE CIMENTACION, MURO MEDIANERO, DADOS DE CIMENTACION, TABLETAS PREFABRICADAS Y FIRME DE COMPRESION.

ESTRUCTURA.- TRABES DE LIGA, DADOS EN D.D.C., COLUMNAS, CAPITELES, CABEZALES, DIAFRAGMAS METALICOS, MUROS ESTRIBO, Y MUROS ESTRIBO.

SUPERESTRUCTURA.- TRABES Y TABLETAS PREFABRICADAS, FIRME DE COMPRESION Y PARAPETOS.

TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.- TERRAPLENES ALIGERADOS, SUBRASANTE, SUB-BASE, BASE, Y CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.

Principalmente las constituyen 2 terraplenes aligerados, que se encuentran confinados por los muros de contención en las rampas de acceso y descenso. Sobre la capa de base se coloca una losa de concreto armado.

El pavimento cubre toda la pista de rodamiento incluyendo las vías laterales; será unido al pavimento existente en el arranque y fin del puente.

En resumen el puente vehicular "Sta María Purísima" está compuesto por seis cajones de cimentación cuyo costado son muros millán y dotados de pilas de carga; que sostiene columnas, en los ejes de apoyo de la superestructura.

Cuenta con dos rampas de acceso, es en ellas donde comienza la elevación del puente por medio de terraplenes y muros de contención, incluyendo como terminación dos muros estribo, que son asimismo el inicio de la superestructura que salva los claros entre los ejes de apoyo de los cajones.

La superestructura es de traveses prefabricadas y preesforzadas unidas por un firme de compresión.

La pista de rodamiento se ubica sobre las traveses y terraplenes, es de concreto asfáltico.

2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO GENERAL Y PROGRAMA DE OBRA.

El proceso inicia con la fabricación de Muros Milán, formando las paredes laterales de los cajones de cimentación. Se ataca la excavación de núcleo posteriormente; conforme se termina los muros Milán en cada unidad de cimentación y se efectúa el colado por partes de las losas de fondo.

Las construcción de los muros medianeros es inmediata, y cronológicamente igual a la de los dados de cimentación.

Todos los prefabricados considerarán un tiempo de ejecución, para ser concluidos puntualmente, y estar listos cuando las estructuras donde serán ubicados estén en condiciones de montaje.

Losas tapa, tabletas prefabricadas, despiante de dados y columnas son la etapa final del cajón de cimentación con muro medianero.

Los cajones de inicio y término de puente, también son tapados con tabletas y firme, levantando conjuntamente los muros estribo y los muros de contención.

Concluida la losa tapa, las columnas y capiteles son atacados de lleno, simultáneo a los muros estribo.

Teniendo ejes de apoyo completos, procede el montaje de las Trabes prefabricadas TA y luego las TC.

Para su unión se fabrican los cabezales con los firmes de compresión, según se vayan montando las piezas.

Los terraplenes son actividades posteriores a los muros de contención, colando un firme estructural después de ser perfectamente compactados.

El parapeto de concreto es armado y anclado al firme de compresión su colado se realizará posterior al firme.

Como actividad final esta colocación de la carpeta asfáltica, se podrá efectuar cuando se concluya en su totalidad la pista de rodamiento y los parapetos de concreto y metálicos.

La secuencia en los pasos del procedimiento constructivo, se determinará en el programa de obra, analizando las actividades por apoyo.

Los diferentes conceptos se enlazan por tiempo, respetando todas aquellas actividades críticas para el avance de la obra.

Para poder apreciar mejor la cronología de los trabajos presentamos un programa de obra por apoyos, dividiendo y generalizando los conceptos que intervienen en cada uno, resaltando además los lapsos de ejecución, marcando, inicio y término (Programa P1).

También se incluyó el programa propuesto por la supervisión, donde se hace un análisis por partidas y volúmenes de obra (Programa P2).

PROGRAMA DE OBRA DEL PUENTE VEHICULAR " STA. MARIA PURISIMA ". P-I

HOJA 1 DE 4

No.	CONCEPTO	Durac.	3er. Trim. 1993			4o. Trim. 1993			1er. Trim. 1994			2o. Trim. 1994		
			JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
APOYO 4 - 5			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1	BOMBEO DE EYECCION	85d	6/7			9/10								
2	EXCAVACION	54d	6/7			29/9								
3	TROQUELAMIENTO	43d	2/8			29/9								
4	LOSA DE FONDO	58d	5/8			9/10								
5	REP. MURO MILAN	13d			9/10	23/10								
6	MURO MEDIANERO	66d	9/8			25/10								
7	DADOS CIMENTACION	61d	12/8			22/10								
8	COLOC. DE TABLETAS	2d			27/10	28/10								
9	FIRME DE COMPRESION	4d			23/10	4/11								
10	COLUMNAS YCAPITELES	12d				5/11	18/11							
11	MONTAJE DE TRABES	4d				22/11	25/11							
12	CABEZALES	3d				26/11	29/11							
13	LOSA DE TRABES	2d					20/11	21/12						
14	GUARNICION Y PARAPETO	4d					2/12	6/12						
APOYO 6 - 7			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
15	BOMBEO DE EYECCION	54d	18/8			20/10								
16	EXCAVACION	40d	20/8			18/10								
17	TROQUELAMIENTO	39d	25/8			9/10								
18	LOSA DE FONDO	45d	26/8			20/10								
19	REP. MURO MILAN	9d			20/10	29/10								
20	MURO MEDIANERO	47d		1/9		26/10								
21	DADOS CIMENTACION	47d		4/9		29/10								
22	COLOC. DE TABLETAS	2d				3/11	4/11							
23	FIRME DE COMPRESION	4d				5/11	9/11							
24	COLUMNAS Y CAPITELES	12d				10/11	24/11							
25	MONTAJE DE TRABES	4d				29/11	2/12							
26	CABEZALES	3d					3/12	6/12						
27	LOSA SOBRE TRABES	2d					7/12	8/12						
28	GUARNICION Y PARAPETO	4d					9/12	13/12						

PROGRAMA DE OBRA DEL PUENTE VEHICULAR "STA. MARIA PURISIMA" P-1

HOJA 2 DE 4

No.	CONCEPTO	Durac.	3er. Trim. 1993			4o. Trim. 1993			1er. Trim. 1994			2o. Trim. 1994		
			JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
APOYO 2 - 3			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
29	BOMBEO DE EYECCION	47d		26/9				23/11						
30	EXCAVACION	27d		28/9			29/10							
31	TROQUELAMIENTO	23d			4/10		29/10							
32	LOSA DE FONDO	18d			30/10		23/11							
33	REP. MURO MILAN	10d				11/11		23/11						
34	MURO MEDIANERO	12d				8/11		19/11						
34	DADOS CIMENTACION	10d				16/11		26/11						
36	COLOC. DE TABLETAS	2d				27/11		25/11						
37	FIRME DE COMPRESION	5d					30/11	4/12						
38	COLUMNAS Y CAPITELES	15d					6/12		22/11					
39	MONTAJE DE TRABES	4d					28/12		3/1					
40	CABEZALES	3d						4/1		7/1				
41	LOSA SOBRE TRABES	2d						8/1		11/1				
42	GUARNICION Y PARAPETO	4d						12/1		15/1				
APOYO 8 - 9			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
43	BOMBEO DE EYECCION	46d			5/10					2/12				
44	EXCAVACION	28d			7/10			10/11						
45	TROQUELAMIENTO	24d			12/10			10/11						
46	LOSA DE FONDO	18d				11/11		2/12						
47	REP. MURO MILAN	9d					20/11		2/12					
48	MURO MEDIANERO	12d					16/11		30/11					
49	DADOS CIMENTACION	9d					25/11		6/12					
50	COLOC. DE TABLETAS	2d						7/12		8/12				
51	FIRME DE COMPRESION	5d						9/12		14/12				
52	COLUMNAS Y CAPITELES	15d						15/12		5/1				
53	MONTAJE DE TRABES	4d							24/1		27/1			
54	CABEZALES	4d							25/1		1/2			
55	LOSA SOBRE TRABES	3d							2/2		4/2			
56	GUARNICION Y PARAPETO	4d							7/2		10/2			

PROGRAMA DE OBRA DEL PUENTE VEHICULAR "STA. MARIA PURISIMA". P-1

HOJA 3 DE 4

No.	CONCEPTO	Durec.	3er. Trim. 1993			4o. Trim. 1993			1er. Trim. 1994			2o. Trim. 1994		
			JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
APOYO I			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
57	BOMBEO DE EYECCION	27d			25/10			27/11						
58	EXCAVACION	11d			27/10		10/11							
59	TROQUELES	8d			30/10		10/11							
60	LOSA DE FONDO	16d				9/11		27/11						
61	REP. MURO MILAN	7d				23/11		30/11						
62	COLUMNA EN RAMPA	7d				26/11		3/12						
63	COLOC. DE TABLETAS	2d					6/12	7/12						
64	FIRME DE COMPRESION	3d					8/12	10/12						
65	ESTRIBO	13d					9/12	23/12						
66	RELL.TEPETATE,TEZONTLE	8d					24/12	6/1						
67	TRABETP-IyLATERALES	4d						3/1	6/1					
68	RAMPAS	9d						4/1	13/1					
69	FIRME Y GUARNICION	8d						14/1	22/1					
APOYO IO			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
70	BOMBEO DE EYECCION	27d				3/11		4/12						
71	EXCAVACION	11d				5/11		17/11						
72	TROQUELES	8d				9/11		17/11						
73	LOSA DE FONDO	16d				16/11		4/12						
74	REP. MURO MILAN	7d					3/12	7/12						
75	COLUMNA EN RAMPA	7d					3/12	10/12						
76	COLOC. DE TABLETAS	2d					13/12	14/12						
77	FIRME DE COMPRESION	3d					15/12	17/12						
78	ESTRIBO	13d					14/12	31/17						
79	RELL.TEPETATEyTEZONTLE	8d						3/1	11/1					
80	TRABETP-IyLATERALES	4d						10/1	13/1					
81	RAMPAS	9d						12/1	21/1					
82	FIRME Y GUARNICION	8d						22/1	31/1					

PROGRAMA DE OBRA DEL PUENTE VEHICULAR "STA. MARIA PURISIMA". P-1

HOJA 4 de 4

No.	CONCEPTO	Durac.	3er. Trim. 1993		4o. Trim. 1993		1er. Trim. 1994			2o. Trim. 1994				
			JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
	VARIOS		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
83	MONTAJE DE TRABES 5-6	4d					20/12	●	23/12					
84	DIAFRAGMAS 5-6	4d					27/12	●	30/12					
85	LOSA SOBRE TRABES 5-6	3d						3/1	●	5/1				
86	GUARNICIONES, PARAPETO	4d						6/1	●	10/1				
87	MONTAJE DE TRABES 3-4	4d						13/1	●	17/1				
88	DIAFRAGMAS 3-4	4d						18/1	●	21/1				
89	LOSA SOBRE TRABES 3-4	3d						22/1	●	25/1				
90	GUARNICIONES, PARAPETO	4d						26/1	●	29/1				
91	MONTAJE DE TRABES 1-2	4d						19/1	●	22/1				
92	DIAFRAGMAS 1-2	4d						24/1	●	27/1				
93	LOSA SOBRE TRABES 1-2	3d						28/1	●	31/1				
94	GUARNICIONES, PARAPETO	4d							1/2	●	1/2			
95	MONTAJE DE TRABES 7-8	4d							1/2	●	4/2			
96	DIAFRAGMAS 7-8	4d							7/2	●	10/12			
97	LOSA SOBRE TRABES 7-8	3d							11/2	●	14/2			
98	GUARNICIONES, PARAPETO	4d							15/2	●	18/2			
99	MONTAJE DE TRABES 9-10	4d							7/2	●	10/2			
100	DIAFRAGMAS 9-10	4d							11/2	●	15/2			
101	LOSA SOBRE TRABES 9-10	3d							16/2	●	19/2			
102	GUARNICIONES, PARAPETO	4d							19/2	●	23/2			
103	PAVIMENTO	3d							24/2	●	26/2			

**PROGRAMA DE OBRA. PUENTE VEHICULAR "STA. MARIA PURISIMA"
SUPERVISION COLINAS DE BUEN, S.A. DE C.V.**

CONCEPTO	U	CANT. DE PROYEC.	1 9 9 3											1 9 9 4															
			NOVIEMBRE					DICIEMBRE						ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL			
			01-06	08-13	15-20	22-27	29-01	06-11	13-18	20-25	27-01	03-08	10-15	17-22	24-29	31-05	07-12	14-19	21-26	28-05	07-12	14-10	21-26	28-02	04-09	11-16	18-29	25-30	
I. INFRAESTRUCTURA																													
EXCAVACION	M3	16,830	02/VIII									29																	
LOSA DE FONDO	M2	2,178	02/IX									30																	
DADOS Y MUROS MEDIOS	PZ	32	23/IX									07																	
COLOCACION DE TABLETAS	PZ	151			19								21																
FIRME DE COMPRESION	M2	2,477				23								25															
II. SUBESTRUCTURA																													
DADOS Y TRABES DE LIGA	PZ	32			24			16																					
COLUMNAS Y CAPITELAS	PZ	32			27																								
MURO ESTRIBO Y TRABES	PZ	6						22																					
III. SUPERESTRUCTURA																													
FABRICACION DE TRABES	PZ	36				06	18	23			06	12																	
MONTAJE DE TRABES	PZ	36									04	07	22	25	01	04													
CABEZALES	PZ	8									08	12																	
FIRME DE COMPRESION	M2	7,11																											
PARAPETO DE CONCRETO	ML	954										13																	14
PARAPETO METALICO	ML	954										13																	14
PAVIMENTACION	M2	7,111																											17
ALUMBRADO S/PUENTE	PZ	18										08																	12
ALUMBRADO B/PUENTE	PZ	72																											22
ALUMBRADO LATERALES	PZ	36			25				31																				30
SEÑALAMIENTO	PZ	69																											31
INSTALACIONES TROLEBUS	LT	1																											31
ESTACIONAMIENTO	M2	4,852											28																18
IV. RAMPAS																													
EXCAVACION	M3	1,941											20PTE	25															
RELLENOS	M3	1,941											PTE	26	29														
DRENAJE PLUVIAL	ML	-												28	PTE														

2.3 MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA.

MATERIALES.

Sin duda entre la gran diversidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra, destacan por su volumen: el concreto, el acero, los materiales para cimbra, rellenos y pavimentos.

Los planos indican las características físicas de cada material, o en dado caso las especificaciones estipulan las características que deberán tener en el elemento terminado.

Los concretos son todos premezclados y serán suministrados por una planta formalmente establecida, únicamente el concreto simple utilizado en plantillas podrá ser elaborado en obra.

El acero de refuerzo se proveerá con anticipación en el lugar de trabajo. Los diámetros de las varillas corrugadas varían de 1/4" hasta 2", presentando una resistencia a la tensión $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Los materiales para cimbra como: madera y lámina siempre garantizarán el perfecto acabado de las estructuras.

En general se debe planear con anticipación el abastecimiento de todos los materiales a la obra, esto se logrará por medio de una cuantificación meticulosa del proyecto, analizando particularmente cada concepto de concurso; identificando los materiales necesarios y su cantidad, registrando la información de tal manera que concluido el análisis se puede conocer el total requerido por unidad de obra.

Podemos globalizar todas las cantidades y con ayuda del programa de obra establecer un programa de suministro, el cual contempla que los materiales lleguen a la obra gradualmente conforme son requeridos, evitando aglomeraciones por almacenamiento, al mismo tiempo asegurando la oportuna disposición para su uso.

COVITUR proporciona junto con el proyecto las especificaciones que cumplirán cada uno de los materiales, e indican las pruebas de laboratorio a que se someterán para definir su calidad.

La supervisión revisará minuciosamente las características de todos aquellos elementos que intervienen en la fabricación de los diferentes sistemas estructurales.

MAQUINARIA Y EQUIPO

La cantidad y variedad de equipo y maquinaria depende principalmente de la capacidad constructiva de las empresas contratistas, existiendo unidades indispensables y comunes en la ejecución de los trabajos.

El número de máquinas está de acuerdo al número de frentes que se pretende atacar simultáneamente.

Se establecerá un programa de suministro y uso, del equipo y maquinaria, adecuándolo cronológicamente a las actividades que se desarrollan en los lapsos del programa general de obra.

Toda la herramienta menor también debe ser considerada e integrada al programa, ya que estará presente en todos los trabajos, siendo usada constantemente por el obrero de campo.

A continuación se nombran los equipos y maquinas que son requisito mínimo en cada etapa de construcción del puente.

INFRAESTRUCTURA	
EQUIPO:	USADO EN LA FABRICACION DE:
Cortadora de varilla	Muros Milán, Muro Medianero
Vibrador de chicote	Muros Milán, Muro Medianero, Losa Fondo
Malacate	Muro Milán
Bomba de agua	Excavación de Núcleo
Bomba de todos	Muro Milán
Pisón de impacto	Rellenos
Bomba de concreto	Muro Milán, Muro Medianero
Equipo de soldadura	Losa Fondo, Muros Medianos y Pilas
Equipo de corte	Losa de Fondo, Muro Milán, Troquelamiento
Draga c/equipo gulado	Excavación zanja de Muro Milán
Draga con almeja	Excavación de Núcleo
Grúa hidráulica (20 ton.)	Muro Milán, Muro Mediano, Losa de Fondo
* Retroexcavadora	Excavación de Núcleo, limpieza
Compresor	Enrase de Muros Milán
Pistola p/demolición	Enrase de Muros Milán
Camiones de volteo	Excavación de núcleo
Camioneta pick-up	Transporte de material

ESTRUCTURA	
EQUIPO:	USADO EN LA FABRICACION DE:
Cortadora de varilla	Losa tapa, Columnas, Cabezales
Vibrador de chicote	Losa tapa, Dados, Columnas, Cabezales
Vibrador de Pared	Columnas
Bomba de concreto	Columnas
Grúa hidráulica	Columnas
Grúa hidráulica (20 ton.)	Columnas
Camión de volteo	Retiro de escombros y limpieza
Camioneta pick-up	Transporte materiales.
Equipo de soldadura	Columnas, Dados, Cabezales
Equipo de corte	Columnas, Dados, Cabezales

SUPERESTRUCTURA	
EQUIPO:	USADO EN LA FABRICACION DE:
Cortadora de varilla	Trabes Prefabricadas
Vibrador de chicote	Trabes prefabricadas, Firme, Parapeto.
Equipo de Soldadura	Parapeto, Diafragmas Metálicos.
Equipo de Corte	Trabes Prefabricadas, Parapeto y Diafragmas
Grúa hidráulica	Trabes Prefabricadas
Grúa con pluma (140 ton)	Montaje de Trabes Prefabricadas
Camioneta pick-up	Transporte de Materiales

TERRACERIAS Y PAVIMENTOS	
EQUIPO:	USADO EN LA FABRICACION DE:
Vibrador	Guarniciones
* Retroexcavadora	Terraplén aligerado
Camión de volteo	Transporte de materiales
Motoconformadora	Terraplén aligerado carpeta asfáltica
Compactador de rodillos	Terraplén aligerado
Pavimentadora	Carpeta asfáltica
Camioneta plk-up	Transporte de material

*Retroexcavadora con cargador frontal (mano de chango).

MANO DE OBRA.

La construcción del puente implica actividades que exigen la intervención de personal capacitado y experimentado en esa clase de trabajos.

La mayoría de las actividades corresponde a la edificación de obra civil considerando categorías e integrando cuadrillas con un funcionamiento específico.

El número de obreros será programado tomando como base los rendimientos reales que se tendrán en obra, con el fin de ajustarse al tiempo de ejecución de los trabajos previamente concertados.

La maquinaria y equipo afecta directamente sobre la cantidad de mano de obra humana, pues una máquina puede realizar una diligencia, desplazando una gran cantidad de personas esto siempre regido en las posibilidades del constructor sin perder de vista la economía.

Un aspecto importante sobre mano de obra son los operadores de maquinaria, pues un buen operador redundará en mayores volúmenes de obra con un menor tiempo de realización.

Es aquí donde entra la capacidad de los técnicos especializados para hacer que todo el sistema mano de obra-maquinaria interactúe, evitando tiempos muertos y demoras en el cumplimiento del programa de obra.

2.4 CONTROL DE CALIDAD.

La realización física del proyecto requiere un proceso constructivo que garantice elementos estructurales de gran calidad; acordes con las necesidades de funcionamiento y apariencia requeridas.

Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, y mantener un elemento fabricado que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el constructor, por ende para la supervisión y el usuario en general.

Para alcanzar esta meta, es preciso que las empresas participen en el control de calidad, desde los altos ejecutivos hasta los ayudantes obreros.

La calidad debe estar presente en todo, calidad en el proyecto, calidad en la ejecución de los trabajos, calidad en el tiempo de entrega, calidad en la seguridad, etc; de tal forma el objetivo es controlar la calidad en todas sus manifestaciones.

Respecto a la fabricación de las diferentes estructuras que integran al Puente vehicular "Sta. María Purísima", a continuación se presentan los aspectos más importantes para el control de calidad.

La obra debe ser dirigida por profesionales en construcción, contarán con experiencia en el manejo de los recursos materiales y humanos para conseguir los objetivos.

Se necesita una asimilación y entendimiento de las características físicas, y de funcionamiento plasmadas en las especificaciones de proyecto, apoyadas directamente en los planos correspondientes.

La interpretación de planos es vital, pues de acuerdo a ellos se plantean los diferentes procesos constructivos.

Cada parte de la obra se ajustará en dimensiones y geometrías, con un rango de error permisible, definido en proyecto o en las normas de construcción vigentes en esa zona urbana.

La supervisión y el constructor deben contar con personal de laboratorio altamente calificado para el control de calidad en concreto, acero, agregados, materiales de relleno, compactaciones etc. Los resultados se concilian determinando su aprobación.

El siguiente ejemplo sirve para ilustrar las diferentes intervenciones del constructor y la supervisión para verificar el control de calidad.

Se toma el proceso constructivo de un muro de contención; desglosando sus actividades:

- a) Se realiza el trazo topográfico por parte del constructor, sobre la zona que será la base del muro de contención.
 - b) La excavación es realizada, y se compacta la zona de desplante.
 - c)* Al terreno se le toman muestras para saber su grado de compactación, comparando resultados contratista-supervisión.
 - d) De acuerdo a los planos estructurales se procede al armado de acero en la losa de cimentación, cimbrando las fronteras.
 - e)* Supervisión comprueba que el acero tenga las dimensiones y posiciones estipuladas en los planos.
 - f)* Se comprueba la correcta ubicación del muro por medios topográficos.
 - g)* En el vaciado de concreto se toma muestras en cilindros para ensayarlos en laboratorio y verificar su resistencia, siempre por escrito, por un laboratorio legalmente establecido.
 - h)* Se comparan los resultados con la supervisión.
 - i)* Para el colado de los muros se necesita la aprobación de la supervisión de la cimbra, ya que se requiere de un acabado aparente.
 - j) Se repiten los pasos a partir del (Inclso d).
- * Todas las actividades anteriores marcadas con asterisco (*), son puramente para el control de calidad, pudiendo constatar que las actividades que garantizan una buena fabricación de elementos estructurales son donde se verifica la correcta ejecución de los trabajos.

Aunado al control de calidad estricto se requiere limpieza en zonas de trabajo, que facilitan y agilizan los movimientos de fabricación. Si se tiene limpieza, el factor de seguridad aumenta, los obreros trabajan en zonas despejadas, libres de material inútil, que puede ocupar su atención ocasionando descuidos y accidentes.

2.5 CONFINAMIENTOS Y SEGURIDAD VIAL.

La construcción del puente vehicular "Sta María Purísima" implica el confinamiento total de sus zonas de trabajo, con el fin de mantener la seguridad del público en general, evitándole el acceso a la obra. Definitivamente el proceso constructivo acarrea malestares y problemas de vialidad a los vecinos aledaños; por que se deberán cerrar las calles perpendiculares al puente; afectando en toda su longitud de construcción al eje vial 5 Sur.

La obra es dividida en 2 partes por la estación superficial Apatlaco, creando dos frentes de trabajo: oriente y poniente; debido a esta razón se encerrarán los dos frentes, con lámina acanalada, fijada a postes de fierro anclados con mogotes de concreto en el terreno natural.

Los confinamientos considerarán pasos peatonales, que algunas veces podrán ser pilones de concreto con una varilla vertical, de donde se amarrarán varillas transversales a manera de barandal.

Los pasos peatonales deberán estar siempre Impecables, libres de basura, sobre todo contarán con las condiciones de seguridad y funcionamiento para el cruce de peatones, siendo necesario implementar un sistema de iluminación nocturna.

Dentro de la obra todas las excavaciones serán confinadas con pilones de concreto colocando en algunos, señales reflejantes y aviso de precaución.

El paso de la maquinaria y los vehículos automotores también se delimitarán con pilones de concreto siempre observando si el peso de este tráfico dentro de obra no afecta la estabilidad del suelo en alguna excavación que pudiera ocasionar derrumbes (principalmente en los cajones de cimentación).

Realmente sobre circulación vehicular, el problema grave se presenta en Av. Fco. del Paso y Troncoso, pues los cajones cercanos se sitúan al ras de la vialidad.

Esto conlleva a que durante las etapas de cimentación, quede invadido en algunas ocasiones un carril de circulación, provocando un cuello de botella (estrangulamiento) en el flujo vehicular de la avenida. Entonces el riesgo de coacción aumenta, lo cual es responsabilidad total de la construcción del puente. Para subsanar estas condiciones de tráfico, los pasos peatonales serán fabricados con pilones de concreto y varilla corrugada a manera de barandal dotando a cada pilón con señales reflejantes, en forma de franjas diagonales colocadas en contra flujo. Se señalará con anuncios el inicio del cuello de botella y para la iluminación nocturna habrá una serie eléctrica con focos montados en cubetas rojas para marcar los límites de la vialidad.

Durante las horas de trabajo del puente una cuadrilla de bandereros capacitados se encargará de contribuir a la señalización además de controlar el tráfico y el paso de transeúntes. Se les dotará de un uniforme amarillo, chalecos reflejantes, casco, banderas de franela roja y silbatos.

La intención de tener confinamiento y seguridad vial repercute directamente sobre la seguridad del público en general, y evita al máximo problemas de congestión vial en las zonas de trabajo.

Dentro de la obra, deberá observarse en todo momento orden en los materiales y su desperdicio, impidiendo que invadan pasos de vehículos, y pasos para personal de trabajo; por las noches es obligación del constructor dotar de un sistema de iluminación que garantice la seguridad de tránsito en las zonas de construcción.

2.6 TOPOGRAFIA.

La ubicación de los diferentes sistemas estructurales del puente vehicular "Sta María Purísima", obedece al trazo

topográfico dado en campo, esto implica que el proyecto contemple en su desarrollo un estudio preciso de las condiciones iniciales en la zona de construcción para definir la posición de los elementos por fabricar de manera particular.

No puede ser posible la realización física del proyecto sin la presencia de topografía profesional, que será la encargada para trazar y verificar geometrías, dimensiones, posiciones y todas las referencias necesarias para ejecutar los trabajos con precisión exacta, contribuyendo al buen funcionamiento cuando trabaje como unidad todo el conjunto estructural.

El proyecto topográfico consta de una referenciación sobre el trazo del eje de puente, concentrada en el plano de secciones niveladas donde se definen las elevaciones de rasante en cadenamientos cerrados cada 10m. También se determinan los anchos de pista de rodamiento en cada cadenamiento, referidos al eje del puente.

Los niveles de desplante en cajones de cimentación, columnas, capiteles, firme de compresión, están contenidos en el plano de Perfil Topográfico, donde se muestra un corte longitudinal del puente indicando los niveles correspondientes en cada elemento.

Para la localización de las columnas en los ejes de apoyo se tendrá el plano de Referenciación de apoyos en columnas y muros estribo.

El eje de puente es la mayor referencia que tenemos para la ubicación de estructuras respecto a los cadenamientos longitudinales.

La supervisión se encarga de dar puntos fijos para el eje de trazo del puente, y hace entrega por medio de croquis bien referenciados para la localización de esos puntos a cada momento.

Referente a los niveles, la supervisión también indicará a los contratistas un banco de nivel fuera de obra, lejos del alcance de los hundimientos que se presentarán al momento de realizar la obra. El banco de nivel será referenciado con el banco maestro de la Dirección General de Obras Públicas.

El control en campo requiere de esquemas y cálculos bien hechos y limpios, que son señal de razonamientos ordenados, e indican una sólida preparación y experiencia en la presentación de resultados. El tomar buenas notas de campo en toda suerte de condiciones, es una excelente preparación para la clase de registros y croquis que se espera de los topógrafos.

Las notas de campo son el único registro permanente del trabajo topográfico que se realiza en su sitio. Si son incompletas o incorrectas, o si se destruyeran, podría perderse gran parte del tiempo invertido en hacerse mediciones precisas, o todo él. Por lo tanto, el trabajo del encargado del registro en campo, es con frecuencia el más importante y difícil de una brigada de topografía. Una libreta de registro que contiene información útil reunida durante varias semanas vale mucho dinero por el trabajo que implica, siendo necesario hacer un respaldo de la información que contiene.

Existen cinco requisitos para lograr un buen registro en campo.

EXACTITUD	Es indispensable además de ser la cualidad más importante en todos los trabajos de topografía.
INTEGRIDAD	La sola omisión de una sola medida o detalle puede nulificar la totalidad de las notas para el dibujo o cálculo y nunca deben alterarse los datos por ejemplo, para mejorar los cierres.
LEGIBILIDAD	Las notas servirán sólo si son legibles. La apariencia profesional de un registro reflejará de seguro la calidad profesional del anotador.
ADECUACION	Las formas de registro adecuadas al trabajo particular de que se trate, contribuyen a la exactitud, la integridad y la legibilidad de las notas.
CLARIDAD	Se necesitan procedimientos de campo correctos y bien planeados para asegurar la claridad de los croquis y tabulaciones.

2.7 DISTRIBUCION ADMINISTRATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE LA OBRA.

Las Comisión de Vialidad y Transporte Urbano COVITUR es el organismo perteneciente al Departamento del Distrito Federal encargado de la construcción del transporte colectivo Metro.

La construcción de la línea No. 8, tiene en su longitud varias estaciones de tipo superficial a nivel de calle, esto ocasiona la obstrucción de vialidades transversales a la línea, surgiendo la necesidad de construir puentes vehiculares para librar estas interferencias.

Particularmente la estación Apatlaco corta al eje 5 sur, impidiendo el flujo vehicular; en consecuencia se determina la necesidad de construir un puente vehicular que le dé continuidad a la vialidad.

El organismo encargado de financiar y construir el Puente vehicular "Sta María Purísima" es COVITUR; por medio de concurso de obra pública, somete a evaluación diferentes propuestas por parte de empresas afines al ramo de la construcción pertenecientes al sector privado para proyectar, construir y supervisar esta obra.

El diseño del proyecto a las especificaciones que lo rigen fue encomendada a la empresa Consultoría RIOOBO S, A, de C, V., y su actividad consiste en el estudio vial, de mecánica de suelos, planteando una estructura que permita la solución del problema de una manera económica.

La propuesta es evaluada y aceptada por COVITUR, procediendo a la elaboración formal del proyecto a través de planos y especificaciones que serán la base para la realización física del puente.

COVITUR cuando tiene listo el proyecto define los conceptos de obra y las disposiciones que deben cumplir las empresas aspirantes a la construcción y supervisión del futuro puente, dividiendo en cuatro módulos todo el proyecto.

- a) Construcción de la red de muros Milán.
- b) Construcción de la Infraestructura, Estructura, Terracerías y Pavimentos (Toda la obra civil restante del puente).
- c) Fabricación y montaje de Traveses y Tabletas prefabricadas (Superestructura y tapa de cajones de cimentación).
- d) Supervisión y Control de Obra.

La empresa ICA Transporte S. A. de C. V. construye toda la red de muros Milán. GRUPO APYCSA S. A. de C. V. es asignada para construir toda la obra civil faltante en cimentación, estructura, superestructura, terracerías y pavimentos. GONZALEZ SOTO S. A. de C. V. fabrica todos los elementos prefabricados y subcontrata a GRUAS Y MOTAJES OCHOA S. A. de C. V. para la colocación de estos elementos.

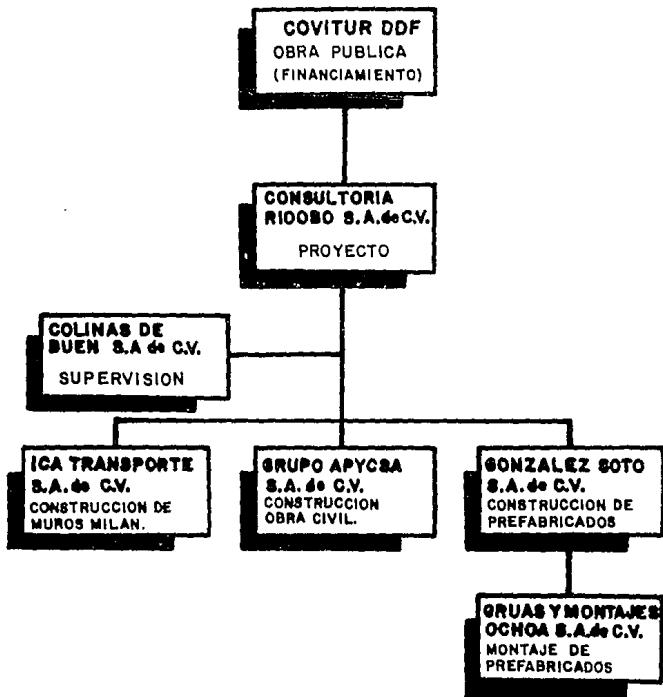
Todas las actividades referentes a la construcción del puente son reguladas por la supervisión, en este caso se ha designado a la compañía COLINAS DE BUEN S. A. de C. V. que fungirá como mecanismo de enlace entre COVITUR y las empresas contratistas.

Su trabajo dentro de la obra es la de prevenir fallas o anomalías en la calidad de las partes construidas, siendo revisadas por ingenieros supervisores de campo, quienes vigilan en todo momento que los trabajos ejecutados estén estrictamente de acuerdo con lo estipulado en proyecto.

Otra función es efectuar el pago a los contratistas por medio de estimaciones, respaldadas con generadores y volúmenes de obra terminados.

Además de la intervención de todas estas empresas COVITUR, mantendrá una supervisión directa sobre la obra a través de Ingenieros residentes en supervisión.

DISTRIBUCION ADMINISTRATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE LA OBRA.



CAPITULO III

INFRAESTRUCTURA

III. INFRAESTRUCTURA.

La infraestructura del puente vehicular Sta. Ma. Purísima, es el conjunto de obras realizadas hasta el nivel de terreno natural, cabe mencionar que esta infraestructura está conformada por 6 cajones de cimentación a base de muros Milán y en 4 de ellos hay una división por un muro medianero que tiene dados de cimentación.

Para definir el procedimiento constructivo de los 6 cajones de cimentación, los dividiremos de acuerdo al eje de apoyo en el que se sitúan.

Eje	Cajón
1	CJ-1
2-3	CJ-3
4-5	CJ-2
6-7	CJ-2
8-9	CJ-3
10	CJ-4

Además se tomará en cuenta que los cajones de cimentación, se reducen a tres tipos únicamente, por existir 2 cajones idénticos de cada tipo en el puente.

CJ-1	Eje 1	=	CJ4	Eje 10
CJ-3	Eje 2-3	=	CJ3	Eje 8-9
CJ-2	Eje 4-5	=	CJ2	Eje 6-7

Una vez realizados los trabajos relacionados con trazo, desvíos, adecuaciones, etc., de instalaciones municipales y de cualquier tipo que existieran en el tramo, se iniciará la construcción de los cajones de acuerdo al siguiente procedimiento.

3.1 MUROS MILAN.

3.1.1 EXCAVACION EN ZANJA.

Como primera actividad se excavará una zanja de 0.80 m. sobre cada eje de muro, a una profundidad de 2.00 m. en tramos de 20 m. (máximo), observando taludes verticales. Esta excavación se realizará en seco. La zanja tendrá la finalidad de detectar instalaciones municipales y remover los materiales superficiales duros para realizar la construcción de los brocales que guiarán al equipo de excavación (almeja hidráulica). (ver fig. 3.1).

3.1.2 CONSTRUCCION DE BROCALES.

Una vez excavada y afinada la zanja se construirán los brocales en ambos lados de ella (fig. 3.1); los cuales serán de concreto reforzado ($f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$), de 0.10 m. de espesor y con la profundidad de la zanja.

3.1.3 EXCAVACION DE TRINCHERA.

Una vez que los brocales alcancen una resistencia del 75% de la de proyecto (14 días aproximadamente), podrá iniciar la excavación de la trinchera de 0.60 m. de ancho y hasta una profundidad de 0.50 m. por debajo del nivel de desplante del muro Milán. Durante la excavación deberá utilizarse lodo bentonítico para estabilizar las paredes de la excavación.

El lodo bentonítico deberá cumplir con las siguientes características:

- | | |
|----------------------|------------------------------|
| - Viscosidad Marsh | 35 a 50 seg. |
| - Densidad | 1.03 a 1.06 t/m ³ |
| - Contenido de arena | 3% máximo |

El nivel que alcanzará el lodo dentro de la trinchera será de 0.5 m. bajo el n.t.n. (fig. 3.1).

La excavación de la trinchera será continua, sin embargo, el avance estará regido por la construcción del muro Milán, ya que la longitud máxima excavada sin muro será de 18 m., pudiéndose atacar varios frentes (fig. 3.2 y 3.3).

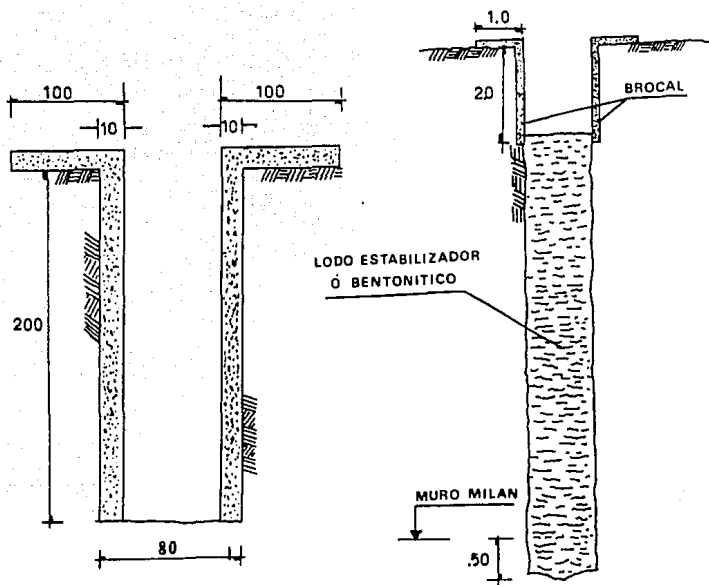
Las excavaciones de las zanjas se harán en forma alternada, es decir, no deberán excavar tableros contiguos en forma simultánea. Asimismo no se excavará ningún tablero hasta que el concreto de los tableros contiguos haya alcanzado la resistencia que señale el proyecto.

Al iniciar la excavación de un tablero cualquiera, se colocará el equipo de excavación en posición fija y alineado correctamente, no se moverá de esta posición hasta que haya terminado la excavación de la franja.

Salido el cucharón de la zanja deberá detenerse un momento, abriéndolo ligeramente, para dejar escurrir el lodo a la excavación. Después se descargará el material excavado a los camiones.

La excavación en el fondo de ataque usando el cucharón deberá hacerse sin dejarlo caer bruscamente, apoyando sus dientes en el piso del suelo y con las mandíbulas totalmente abiertas: en seguida se cerrarán éstas en una sola operación para cortar.

La profundidad de la excavación será la que indique el proyecto en cada caso, con una tolerancia de + 20 cm. a 0.00 cm.



CONSTRUCCION DE BROCALES

FIG. 3.1

EXCAVACION PARA MURO COLADO EN SITIO.

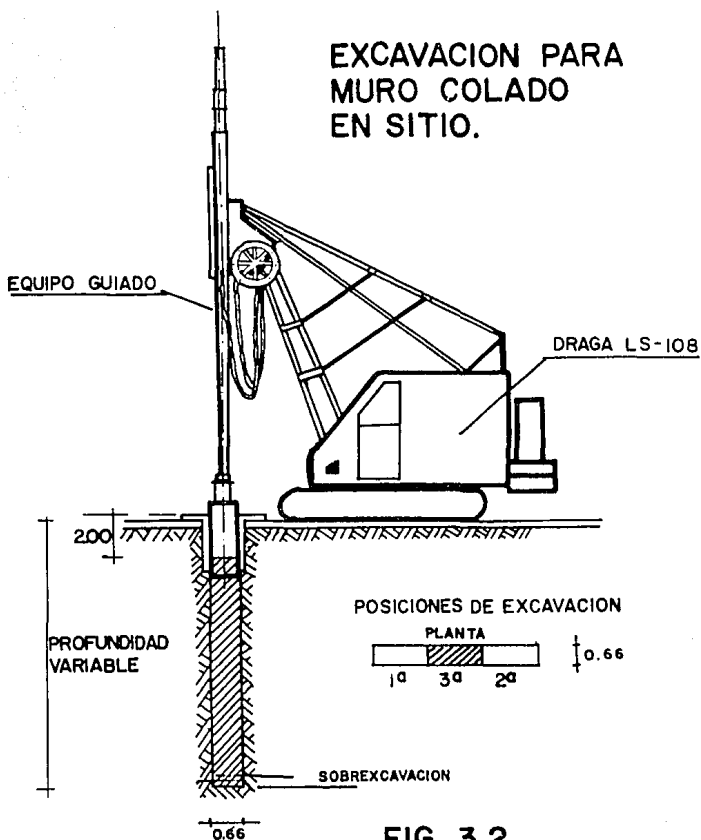
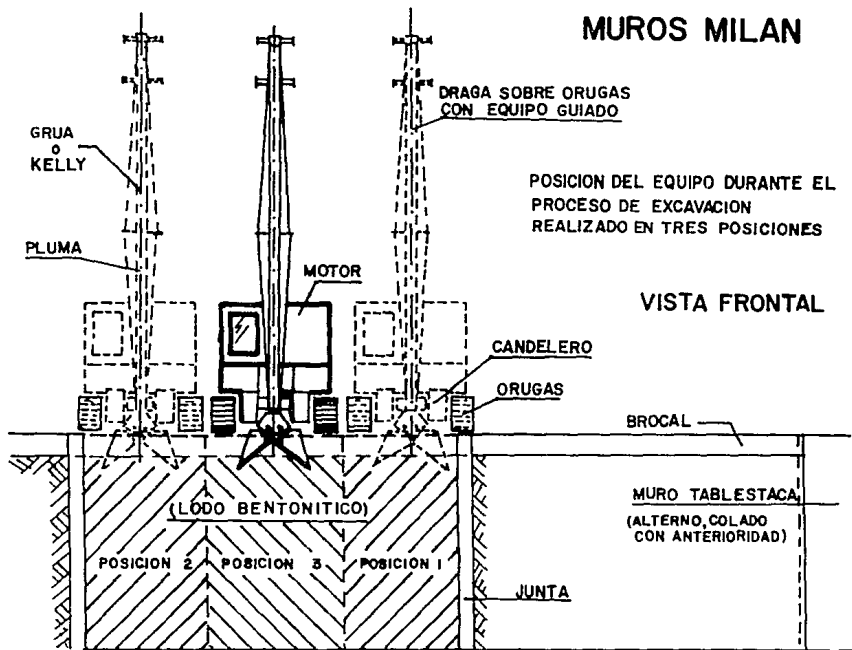


FIG. 3.2

FIG. 3.3

PROCESO DE EXCAVACION MUROS MILAN



3.1.4 COLOCACION DE ARMADO PARA MURO MILAN.

Cuando la trinchera haya sido excavada hasta la profundidad especificada y en una longitud de al menos 5.5 m., se colocará la cimbra engrasada que mantiene la banda ojillada de P.V.C. y posteriormente la parrilla del muro, teniendo el cuidado de no provocar caídas en las paredes; la parrilla deberá estar debidamente centrada y fijada de tal forma que se garantice un colado uniforme.

Dentro de los tableros excavados e inundados de lodo, se harán descender las parrillas que formarán el armado de los muros. Las parrillas irán contraventeadas y se bajarán por medio de una grúa.

Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla de armado y garantizar que permanezca en su lugar, se empujará durante su descenso, una vez colocada se fijará al brocal de tal manera que no se mueva durante el colado.

Para garantizar el recubrimiento de los muros, las parrillas de armado deberán habilitarse con rodantes de contacto fijados al acero principal de la parrilla por medio de varillas, localizados en ambas caras de la parrilla y en tres niveles equidistantes en el sentido vertical.

Los muros Milán que no pertenezcan al muro tapón del cajón (muros norte y sur del mismo) estarán unidos a la losa de cimentación estructuralmente, es decir, la losa de fondo amarrará con el muro Milán (acero y concreto), por lo que es necesario impedir el paso de concreto en la zona de unión, para lo cual podrá colocarse a lo largo de la parrilla una caja con espuma de plástico amarrada con tela de gallinero, debiéndose tomar las precauciones necesarias durante el descenso y colocación de la parrilla, para que la caja no se deforme o cambie de posición.

El tiempo máximo que transcurra entre el momento de introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma, será de 4 hrs., excepto cuando el proyecto señale otro período. (fig. 3.4).

INTRODUCCION DE PARRILLA DE ACERO

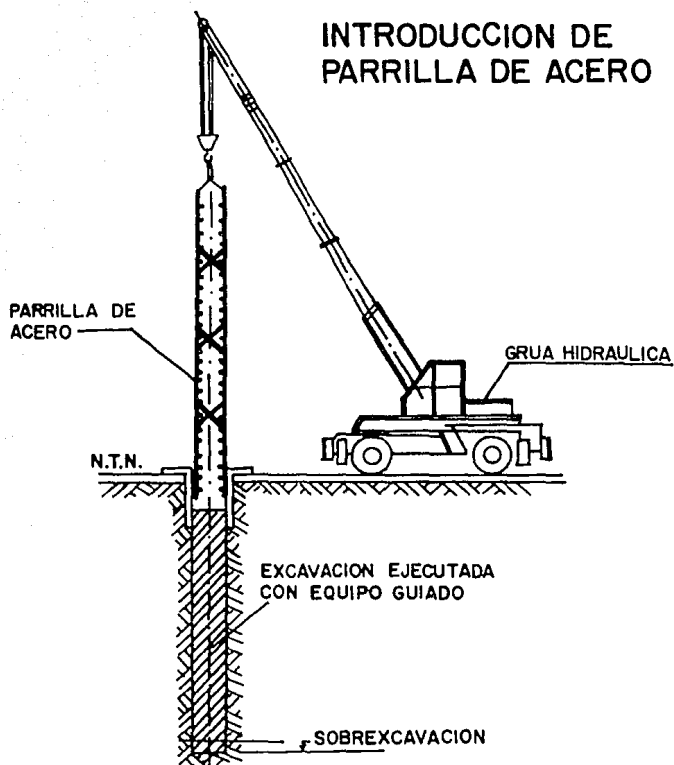


FIG. 3.4

3.1.5 COLOCACION DE CONCRETO EN MURO MILAN.

El colado se realizará con un concreto que cumpla las especificaciones de proyecto; se iniciará a partir del fondo colocando el concreto a través de tubo Tremie, y manteniendo la punta sumergida al menos 1.50 m. dentro del concreto, de tal forma que se evite su contaminación y se desplace la totalidad del lodo.

Para el colado de muro Milán, preferentemente deberá utilizarse un concreto denso y compacto con las características de los agregados (principalmente la grava) utilizados para la producción de concreto estructural (clase 1).

El concreto del muro Milán deberá dar un revenimiento máximo de 18 cm., mediante el empleo de un aditivo superficialmente reductor de agua, previamente autorizado por la supervisión.

El colado del muro Milán en la trinchera deberá ser continuo para el mismo elemento, evitando intervalos mayores de 15 minutos entre vaciado de ollas, con el fin de lograr la integración homogénea del concreto y evitar la posible formación de juntas frías.

Puede considerarse un avance paralelo de las dos líneas de muro.

A continuación se presenta el proceso constructivo referente al colado. (fig. 3.5).

- a) Una vez colocada, centrada y nivelada la parrilla se introducirán las trompas de colado por tramos. Los coples de unión de cada tramo de las trompas deberán ser perfectamente herméticos, para impedir que la succión de la columna de concreto al bajar, absorba aire o lodo del exterior, cada tramo tendrá 2 m. de largo como máximo y un diámetro no menor de 30 m. Al tramo que

sobresale en la superficie se le conectará un embudo o tolva.

- b) La boca de esta tolva deberá quedar a una altura conveniente, para descargar directamente el concreto desde las ollas revoledoras. Todo el conjunto deberá subir o bajar durante el colado, por lo que deberá contarse con el equipo necesario para efectuar estos movimientos. Los tramos de tubo deberán ser lo suficientemente fuertes y pesados para soportar el manejo.
- c) El extremo inferior de la trompa o boca de descarga, debe quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Una vez introducidas las trompas de colado, se colocará entre la tolva y el tubo, un tapón, el cual descenderá obligado por el peso del concreto vaciado, evitando de esta forma la segregación y contaminación del concreto. Así se evitará la descarga del concreto con el lodo. Para iniciar el flujo de concreto la trompa deberá levantarse a una distancia de 30 cm. del fondo de la zanja.
- d) La boca de descarga de la trompa de colado no debe quedar nunca ahogada menos de 1.50 m. en el concreto que se está colando.

Para ayudar a que el concreto fluya al principio, puede desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto, para que no exista contaminación con el lodo.

- e) A medida que el concreto fluya se agregará más concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez del flujo; en esta forma el lodo de la zanja será desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades, prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleva la primera mezcla al salir por la boca de descarga, producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo dejará

limpio de lodo.

Enrase de muros.- Los muros se colocarán hasta 50 cm. arriba de su nivel de proyecto, debiendo considerarse que este exceso se encuentra contaminado y no contribuye al trabajo estructural del cajón, por lo que se demolerá posteriormente.

No se deberá excavar el núcleo entre el espacio de los muros bajo fluido estabilizador, hasta que éstos alcancen la resistencia que se indique en el proyecto.

COLADO DE MURO MILAN Y EXTRACCION DE LODO

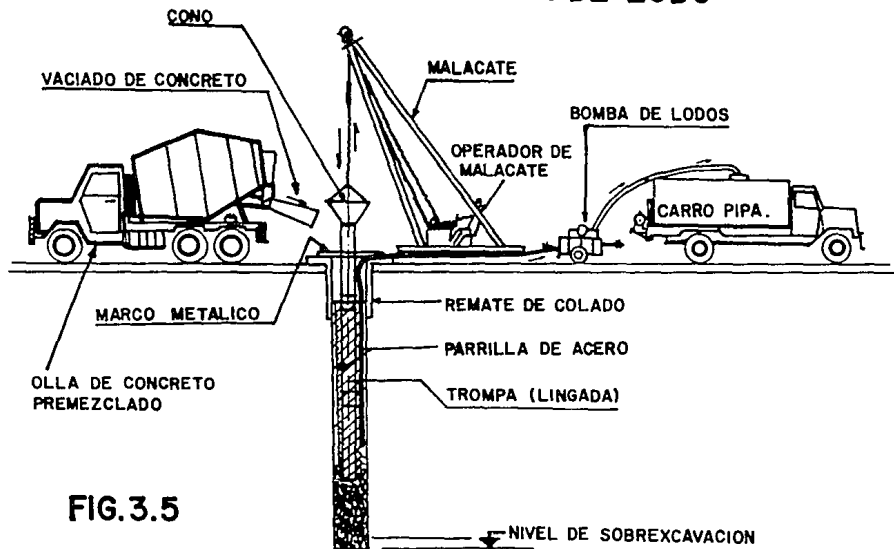


FIG.3.5

3.2 REPARACION DE MUROS MILAN.

Sin duda al efectuar la construcción de los muros Milán, habrán de presentarse dificultades que ocasionarán muros defectuosos y representen un factor de riesgo en las etapas subsecuentes del proceso constructivo.

Cuando un muro Milán tenga zonas de muy mala calidad y no reúnan las características de seguridad estructural, se deberá efectuar la reparación en las zonas dañadas de acuerdo al siguiente proceso.

- 1.- Colocación de troqueles, incluyendo la viga madrina y el troquel adicional.

Se colocarán apenas la excavación alcance el nivel del núcleo central del segundo nivel de troqueles (nivel de troqueles + 28.05 m.) (ver fig. 3.6).

- 2.- Habilitado y colocación de acero de refuerzo en losa de fondo:

Se continuará la excavación hasta llegar al nivel máximo de excavación (nivel + 24.30 m.). Se colocará la plantilla y por el lado contrario al del muro mal colocado se hará el habilitado y colocación del acero de refuerzo de la losa de fondo. Se hará el colado de la losa de fondo suspendiéndolo justo antes de alcanzar la longitud máxima del bastón de acero de continuidad que se indique en el proyecto original. La interrupción deberá tomar en cuenta la distancia necesaria en las varillas para su traslape, distancia indicada en los detalles de refuerzo de los planos originales.

- 3.- Reparación del muro mal colocado:

a) Se demolerá el muro mal colocado en franjas de 2 m. de

ancho máximo (ver la figura 3.8). La maquinaria más pesada a utilizar será un rotomartillo.

b) Se harán barrenos en tresbolillo a cada 25 cm. en ambos sentidos de 1.3 cm. de diámetro por 22 cm. de longitud. Se anclarán conectores de varillas del no. 3 utilizando un adhesivo epóxico (Epoxine 600 o similar). El adhesivo se utilizará siguiendo las recomendaciones del fabricante.

c) Se habilitará el acero adicional así como el de proyecto. (ver figura 3.9).

d) Antes del colado se colocará un adhesivo (Fester bond o similar) para unir el concreto nuevo con el existente. La colocación del adhesivo se hará siguiendo las recomendaciones del fabricante. Se colarán las partes del muro y de losa de fondo faltantes mediante los procedimientos habituales. El concreto deberá tener una resistencia $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ y un aditivo estabilizador de volumen. El colado del muro deberá ser monolítico con el remanente de la losa de fondo de la franja a reparar.

4.- Reparación en franjas adyacentes a las ya reparadas:

a) La reparación del muro en las franjas en donde se encuentran ubicados los troqueles será de la siguiente manera:

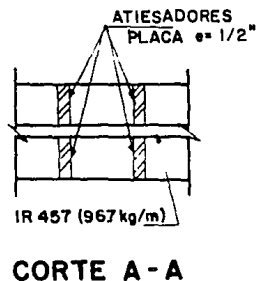
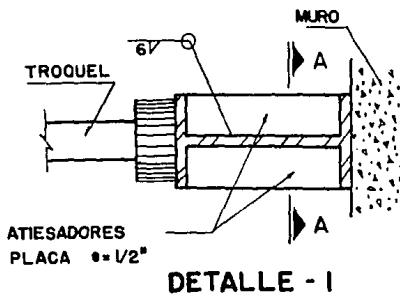
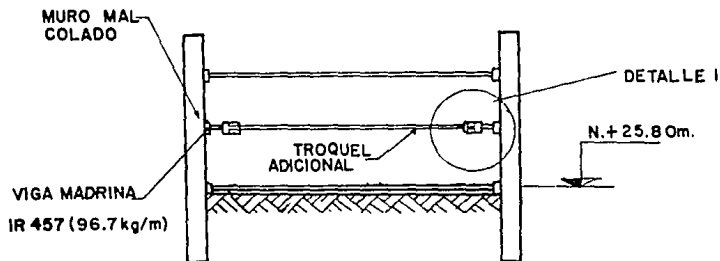
Se quitarán los troqueles del tercer nivel una vez que en las zonas recién reparadas el concreto alcance el 80% de su resistencia (14 días después de su colocación a menos de que se utilice aditivo acelerante. De utilizar el aditivo acelerante se deberá revisar que éste no afecte la resistencia especificada ni la función del aditivo estabilizador de volumen). No es necesario que se reubiquen dichos troqueles. (ver figura 3.8).

b) Se procederá a la reparación del muro en las franjas faltantes, de la misma manera como se hizo con las primeras (inciso 3).

- 5.- El procedimiento de reparación de los muros en las zonas en donde se alojan las columnas, será el mismo especificado en el inciso 3 a excepción de la profundidad de demolición del muro que para este caso será de 30 cm.

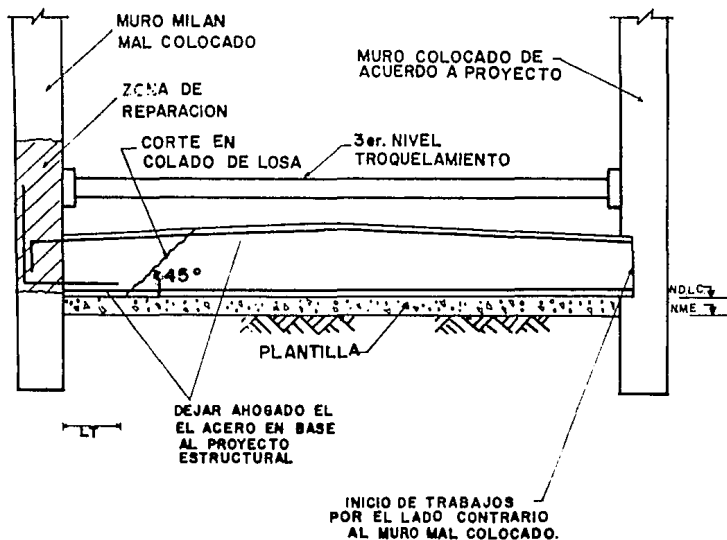
- 6.- Los tiempos que deben emplearse para la ejecución de estos trabajos estarán regidos por las especificaciones de mecánica de suelos.

FIG. 3.6



NOTA: LOS ATIESADORES INDICADOS EN EL DET.-I SE COLOCARAN EN CADA APOYO DE LOS TROQUELES CON LA VIGA MADRINA.

FIG. 3.7

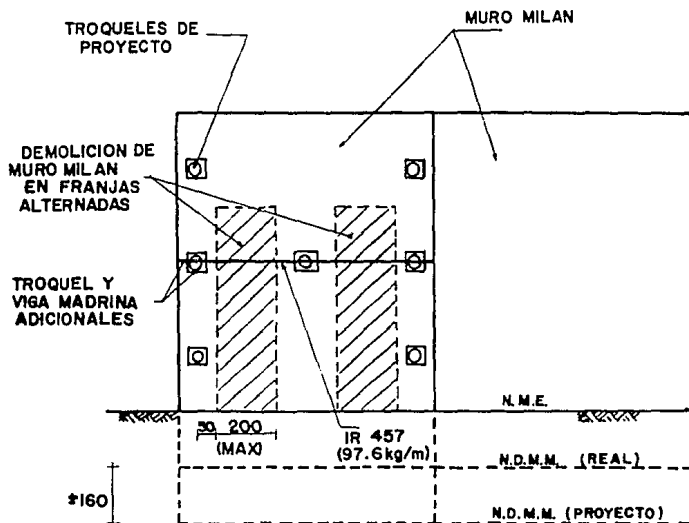


LT = LONGITUD MAXIMA DEL BASTON

N.M.E. = NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION

N.D.L.C. = NIVEL DE DESPLANTE DE LOSA DE CIMENTACION

FIG. 3.8



N.D.M.M. = NIVEL DE DESPLANTE
DE MUROS MILAN

N.M.E. = NIVEL MAXIMO
DE EXCAVACION

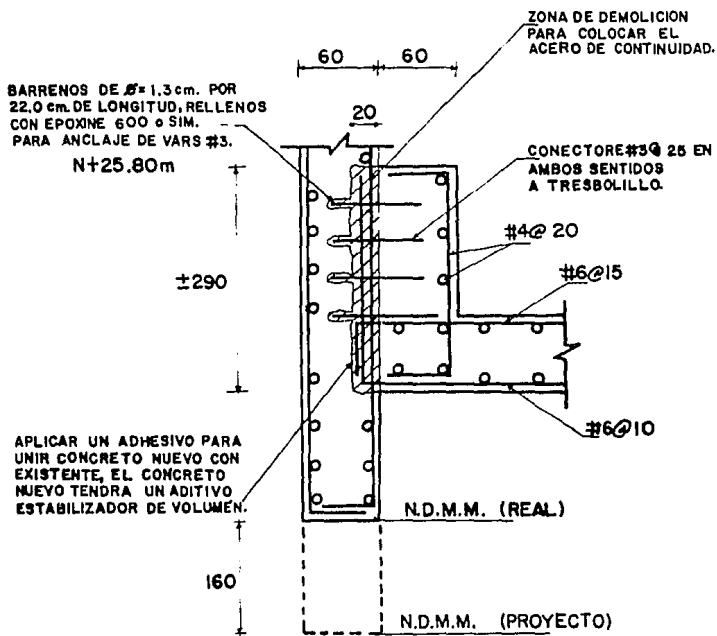


FIG. 3.9

3.3 IMPERMEABILIZACION Y SELLADO DE FILTRACIONES EN CAJONES DE CIMENTACION.

Al realizar la excavación de núcleo, los muros Milán indudablemente representan un aumento de agua dentro del cajón de cimentación, debido a que las juntas entre muros y las grietas, permiten el paso de agua hacia adentro del cajón. Esto no es conveniente porque se necesita que las áreas donde continúan los trabajos de excavación y losas estén libres de tirante de agua. Esta agua generalmente proviene del nivel freático del terreno, y en ocasiones llegan a aparecer gastos considerables ocasionados por la fuga de alguna tubería.

El procedimiento de Impermeabilización Incluye las siguientes etapas de trabajo:

1. Sellado de la junta, fisura o zona "húmeda" o de infiltración.
2. Inyección de un producto Impermeabilizante, y opcionalmente en caso de no lograrse la impermeabilización con los puntos 1 y 2.
3. Perforación e Inyectado a lo largo de la junta, fisura o zona de infiltración.

SELLADO DE JUNTAS O FISURAS EN LOSA O MURO MILAN.

Una vez localizada cuidadosamente la infiltración en juntas o fisuras de losas o muro Milán, se procede a abrir "caja" a toda la longitud de dicha junta o fisura (fig. 3.10), ya que es común que el agua se infiltre a todo lo largo de éstas.

La ranura o "caja" deberá tener un ancho de 20 a 30 cm. (10 ó 15 cm. a cada lado de la junta o fisura), y una profundidad de 15 a 20 cm. (fig. 3.10 y 3.11), hasta encontrar el acero de refuerzo a todo lo largo de la junta o fisura.

Posteriormente la ranura o caja se limpiará de lodo y de todo aquel material que impida una buena unión con el concreto que la sellará. Se procederá entonces a la colocación

de "canalizaciones" de acuerdo a la aportación (fig. 3.12). Las canalizaciones consistirán de tubo de media pulgada fijado al muro o losa con cemento AQUAPLUG o similar, en relación 1:2. Dichas "canalizaciones" servirán para la inyección a través del concreto que sellará la zona de infiltración. Las canalizaciones se colocarán preferentemente en tresbolillo con un espaciamiento de 20 a 80 cm., el que se ajustará a las condiciones de la zona por tratar.

Efectuado lo anterior, se realizará el "recolado", de la caja abierta y limpia, en una sola etapa con concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$, dejándola fraguar por lo menos 48 horas, para evitar que la inyección despegue el concreto nuevo.

INYECCION DE IMPERMEABILIZACION.

Hecho lo anterior se procederá a la impermeabilización mediante el inyectado de BENTOGRUT (arcilla que no endurece) o un producto semejante, a través de las "canalizaciones" dejadas previamente.

La presión de inyección no deberá superar los 20 Kg/cm^2 , con un gasto máximo de 5 litros/minuto, hasta que surja el producto de inyección por las canalizaciones cercanas.

Si aún se observan filtraciones, podrán realizarse nuevas inyecciones. Después de lo cual será necesario una inyección de sellado de la propia grieta por medio de una resina de tipo Uretano (AKWASEAL o similar).

Adicionalmente será importante sellar con AQUAPLUG o un producto similar, los tubos de canalización para dar un acabado final.

En todos los casos deberán seguirse los procedimientos y restricciones del fabricante para la aplicación de cualquier producto de impermeabilización y sellado.

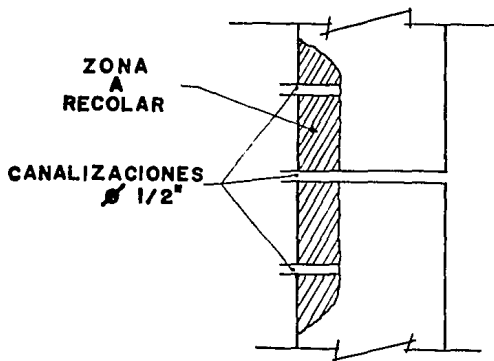


FIG. 3.10

DETALLE ZONA POR TRATAR

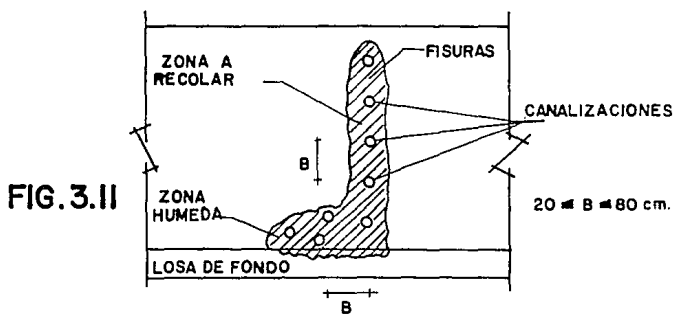


FIG. 3.11

VISTA FRONTAL

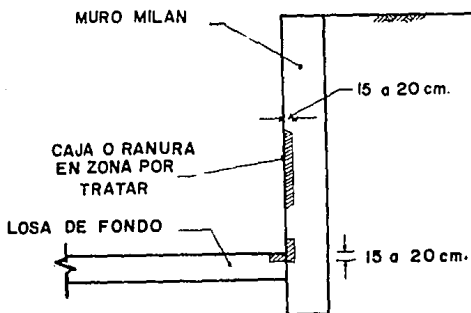


FIG. 3.12

CORTE

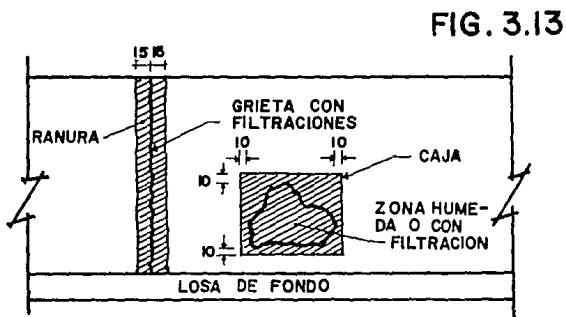


FIG. 3.13

VISTA FRONTAL

3.4 BOMBEO PREVIO A LA EXCAVACION DE NUCLEO.

Se deberá implementar un sistema de bombeo que cumpla con las siguientes características:

Se perforarán los pozos a la mitad del claro entre los muros y separados entre ellos a una distancia de 9 m. como se muestra en la fig. 3.14.

Se deberá instalar al menos 1 piezómetro (tipo Casagrande) por cada cajón, ubicado entre los pozos de bombeo, debiendo alojar las celdas en horizontes arenosos (prof. 9 m. aprox.) con la finalidad de poder registrar los abatimientos debidos al bombeo y evaluar su eficiencia. De no aparecer horizontes permeables, los pozos podrán cumplir con estas funciones.

La profundidad de los pozos de bombeo será hasta encontrar y penetrar el estado permeable (9 m. aprox.) siempre que éste se encuentre a una profundidad máxima de 2.5 m. por debajo del nivel máximo de excavación. En caso de que el estrato se ubique a una profundidad mayor a la indicada se perforará hasta 2.5 m. bajo el nivel de excavación de losa de fondo. Lo anterior implica que el primer pozo marcará la profundidad de los subsecuentes.

Una vez detectado el estrato permeable se dejarán 50 cm. por debajo de éste de modo que permita alojar en el fondo los sedimentos arrastrados por el agua del bombeo.

La perforación del pozo tendrá un diámetro de 30 cm. aproximadamente y se realizará con broca de aletas. No se permitirá el uso de lodos de ningún tipo para ademar la perforación, debiéndola lavar con agua limpia una vez que se termine.

En caso de que no sea estable la perforación se utilizará un ademe metálico. Cumplido lo anterior se colocará la tubería de ademe ranurado con área mínima de ranuras del 7%, pudiendo ser tubo galvanizado o PVC cuyo diámetro será de 10 cm, mismo que deberá estar cubierto con malla mosquitera en toda la longitud. Es conveniente la colocación de centradores.

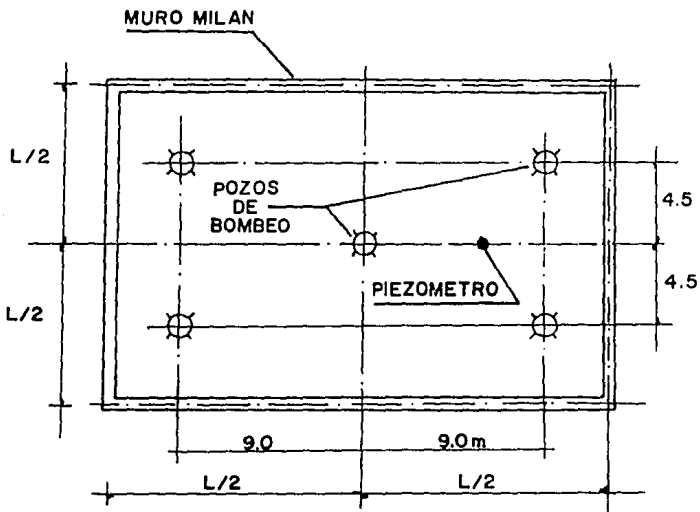
Posterlormente se colocará material de filtro entre la tubería y las paredes del pozo, éste podrá ser grava limpia controlada con tamaño máximo de 1/2". Este material se colocará a todo lo largo del pozo. (Fig. 3.15).

Dentro del ademe se colocará el equipo de extracción (eyectores) debiendo quedar éstos a 50 cm. sobre el fondo del pozo. La capacidad mínima del sistema será de 0.1 l/seg/pozo.

Instalados los eyectores se procederá a colocar todas las tuberías tanto de inyección como de retorno. Realizado lo anterior se colocará la bomba y el vertedor del sistema de bombeo. Deberá verificarse por lo menos 3 veces al día la presión de trabajo, el gasto del sistema y el funcionamiento de cada pozo; las características del equipo de bombeo serán proporcionadas por el contratista siempre que cumplan los requisitos mínimos para que el sistema sea eficiente.

Se deberá verificar que el sistema de bombeo no presente fugas para ser puesto en operación 48 hrs. antes de la excavación, además de asegurarse que estén colados todos los muros que forman el cajón.

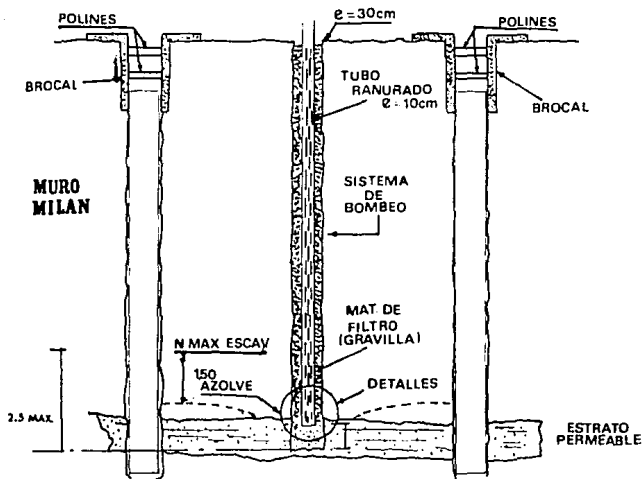
El sistema de bombeo operará durante la etapa de excavación, debiendo suspenderse cuando la losa de fondo haya sido colada; durante el período de operación se deberá llevar un control de gastos.



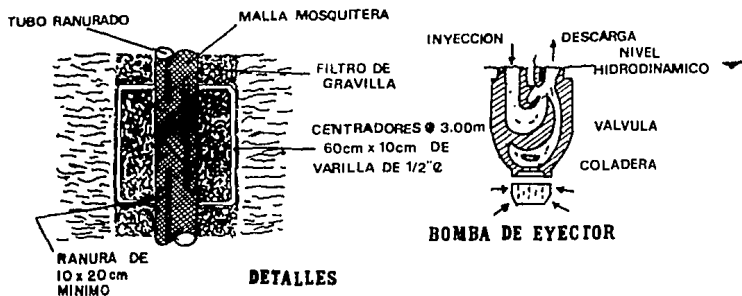
**UBICACION DE POZOS DE BOMBEO
Y PIEZOMETROS**

FIG. 3.14

FIG. 3.15



SISTEMA DE BOMBEO Y ABATIMIENTO DEL N. F.



3.5 EXCAVACION DEL NUCLEO.

La excavación podrá iniciarse 14 días después de haber sido colado el muro Milán, debiendo verificar mediante la extracción de corazones que el concreto alcance el 75% de su resistencia de proyecto y sólo cuando el sistema de bombeo y las mediciones piezométricas indiquen que el nivel acuse un abatimiento de al menos 1.5 m. bajo el nivel que se pretenda excavar. (Fig. 3.15).

La excavación se realizará en etapas según el siguiente procedimiento.

La primera etapa, consistirá en excavar hasta -3.00 m. (aprox.), toda el área confinada entre los muros del cajón, debiendo colocar de inmediato el primer nivel de troqueles (-2.00 m.).

La segunda etapa se iniciará con la excavación de zanjas o cortes parciales que permitan la colocación del segundo nivel de troqueles y precarga (-4.10 m. aprox.). Pudiéndose realizar la excavación en toda el área, como en la etapa 1.

El tiempo máximo para la colocación de los troqueles y precarga en cada una de las etapas anteriores, será de 12 hrs., y podrán colocarse los troqueles una vez que la excavación alcance el nivel de los mismos.

La tercera etapa, al igual que la anterior, se iniciará con la excavación de zanjas o cortes parciales, o bien en toda el área hasta una profundidad tal que permita la colocación inmediata del tercer nivel de troqueles (-6.2 m. aprox.), acto seguido se excavará hasta el nivel de desplante de losa de fondo. Durante esta etapa la excavación se realizará por módulos pudiendo iniciar en el centro del cajón. Las dimensiones máximas de cada módulo excavado no excederán a 7 m. por lado, pudiendo ajustarse a las dimensiones del cajón en cuestión. (fig. 3.16).

El tiempo máximo para colocar el tercer nivel de troqueles y precarga será de 6 hrs.

Los últimos 30 cm. se deberán excavar con herramienta manual para evitar remoldeo del material y afinar el fondo de la excavación para el colado de la plantilla de concreto. No podrá iniciarse la excavación del siguiente módulo en tanto no sea colada la losa del módulo en cuestión.

La anterior secuencia se iniciará en el módulo central, continuando, en principio, en sentido transversal al eje, de esta forma se tendrá la franja central cubierta y la excavación avanzará con la misma secuencia, pudiendo ser de forma simétrica, hacia los muros tapón o bien de un extremo del cajón al otro, excepto en los cajones de estribo. El tiempo máximo de excavación para cada módulo no deberá exceder a 8 hrs. (fig. 3.16 C.).

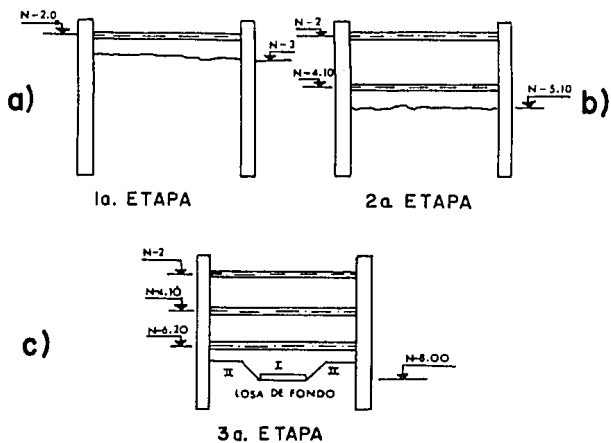
El frente de la excavación observará en todos los casos un talud 1:1, en caso de presentarse grietas paralelas al hombro del mismo la relación H:V será de 1.5:1.

Las bermas y taludes tendrán que protegerse durante la lluvia mediante una membrana impermeable o concreto lanzado a 3 cm. de espesor (mínimo).

No se deberá iniciar ninguna excavación sin antes cumplir con las especificaciones de bombeo.

El material producto de la excavación por ninguna razón deberá depositarse en la zona adyacente a los muros Milán para, evitar una sobrecarga a los mismos.

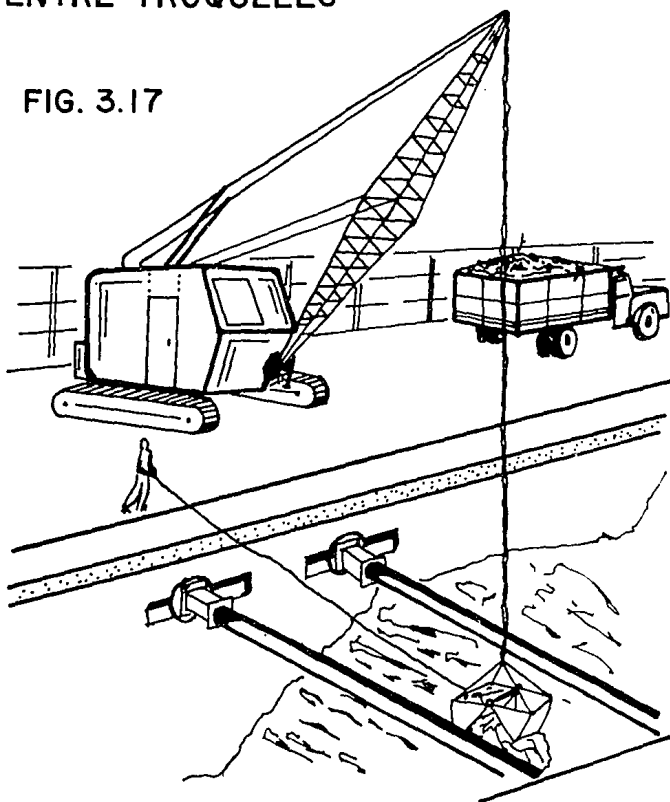
FIG. 3.16



ETAPAS DE EXCAVACION Y TROQUELAMIENTO

EXCAVACION DE NUCLEO ENTRE TROQUELES

FIG. 3.17



Para particularizar el procedimiento en los cajones que tienen muro medianero CJ-3 y CJ-2, se describe a continuación el proceso de excavación a partir de la 2ª etapa (nivel - 5.2 m.), del cajón ubicado con los ejes 4-5 del puente vehicular Purísima.

Sin embargo este proceso puede presentar modificaciones en otros cajones, mismas que el constructor deberá conciliar con la supervisión. En general el proceso es similar en todos los cajones con muro medianero.

La excavación se iniciará únicamente en la franja central longitudinal (paralela al eje del puente) y el hombro del talud no excederá de 2 m. hacia los muros y a partir de los ejes de troqueles que la delimitan. La excavación de toda la franja no excederá del tercer nivel de troquelamiento (-6.2 m.) y conservará un talud cuya relación V:H será de 1:1. (fig. 3.18).

Una vez alcanzado el nivel -6.2 m. se abrirán las zanjas para la colocación de los troqueles en ambas direcciones, colocando los longitudinales por encima de los transversales. Para facilitar la colocación de los troqueles, el núcleo central, así como las zanjas transversales se excavarán un máximo de 70 cm. bajo el nivel indicado.

El ancho de las zanjas será de 50 cm. a cada lado del troquel, en la zona de la viga madrina se admitirá esta misma tolerancia (fig. 3.19). En estos casos la excavación admitirá un corte vertical.

Previa verificación de la colocación adecuada de troqueles, se procederá a la excavación únicamente del módulo central, hasta el nivel de desplante de la losa de fondo (-8.15 m.), con dimensiones máximas de 7 x 7 m.. Durante esta etapa por ningún motivo se suspenderán las actividades de excavación y colado de cada módulo.

Alcanzado este nivel y afinado el fondo se procederá a colocar la plantilla y losa de fondo, atendiendo a las

especificaciones y planos correspondientes. Con la finalidad de realizar un procedimiento lo más expedito posible, la plantilla de concreto se podrá sustituir por una capa de grava cementada o tezontle acomodado a 20 cm. de espesor, e inmediatamente colar la losa de fondo. En este caso el recubrimiento del acero de la losa será de 7 cm.. Se recomienda usar en la losa un concreto de fraguado rápido. Estas actividades se realizarán en un tiempo máximo de 8 hrs., de no cumplirse se ajustarán las dimensiones de cada módulo de tal forma que se cumpla con el tiempo especificado.

A partir del colado de losa de fondo del módulo central, se procederá a excavar cualesquiera de los módulos contiguos restantes hasta el nivel de losa de fondo. Posteriormente se realizará el colado de la losa en el módulo en cuestión en tanto se excava y cuele el módulo restante para finalizar la franja. (fig. 3.20 corte).

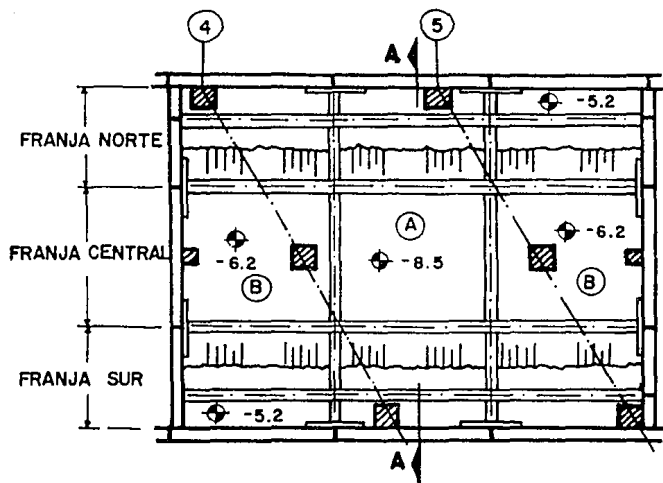
Colada la totalidad de la franja central y previa verificación de los troqueles, se iniciará la excavación de la franja paralela norte atendiendo al procedimiento antes descrito.

La franja longitudinal sur se mantendrá al nivel de excavación de -5.2 m. y únicamente hasta que las franjas restantes sean coladas se iniciará la excavación de ésta, entre tanto se protegerán los taludes con malla tipo gallinero y concreto lanzado.

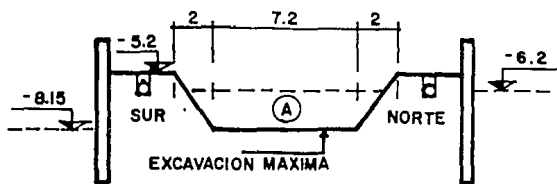
El procedimiento de excavación y colado de la franja sur, está regido por la falta de empotramiento de los muros tablestaca, por lo que las etapas de excavación y colado serán en franjas de menores dimensiones. Por lo tanto este procedimiento será aplicable en los cajones de cimentación en que esta condición se presente.

A continuación se describe el procedimiento de excavación para la franja sur:

- i) La excavación se iniciará a partir del talud hacia el muro tablestaca, hasta el nivel de losa de fondo.
- ii) La excavación se realizará en secciones cuyas dimensiones serán de 2 m. de ancho y longitud hasta el muro tablestaca. Durante esta etapa se realizarán los trabajos de liga entre losa de fondo y muros.
- iii) Las excavaciones podrán observar taludes con relación V:H 1:0.5. En la zona de liga entre muro y losa se apuntalarán los cortes mediante polines y tarimas. Esta contención se colocará en la zona de trabajo de la liga.
- iv) Las secciones se podrán excavar de forma simultánea, siempre que en el fondo de la excavación medie una separación a paños igual o mayor a 3 veces el ancho de éstas. (fig. 20).
- v) Las secciones restantes se excavarán en su totalidad una por una y una vez que las franjas estén ligadas estructuralmente a los muros y hayan transcurrido al menos 24 hrs. del colado de las mismas.
- vi) La colocación de plantilla y colado de la losa de fondo se ejecutará con las indicaciones mencionadas en los párrafos 4 y 5 de la primera hoja.



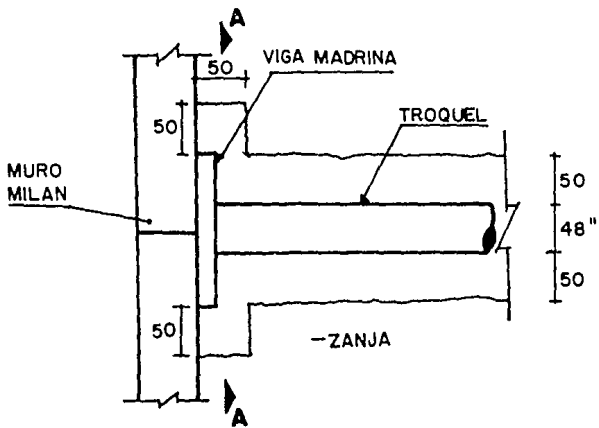
CAJON CJ-2



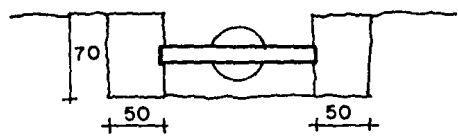
CORTE A—A

FIG. 3.18

FIG. 3.19

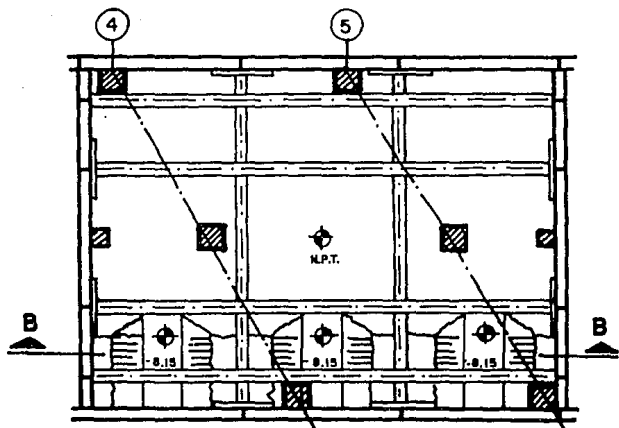


PLANTA

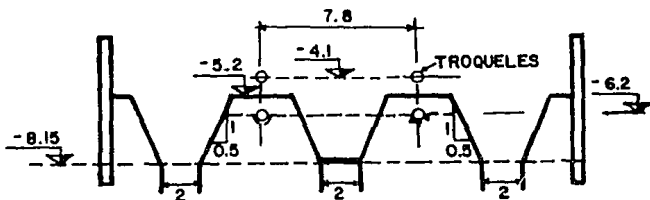


CORTE A A

EXCAVACION DE ZANJAS EN
TERCER NIVEL DE TROQUELAMIENTO



CAJON CJ-2



CORTE B-B

FIG. 3.20

3.6 TROQUELAMIENTO.

Se colocarán 3 niveles de troqueles, ortogonales, cada uno correspondiente a cada una de las etapas de excavación. Los troqueles serán de tubo de acero con los diámetros y longitudes consignadas en la tabla de la fig. 3.25. Debiendo colocar un troquel por cada unión entre muros, apoyado sobre una viga madrina (IPR) de 3.5 m. de largo que repartirá la carga (los detalles estructurales se consignan en los planos correspondientes. En las figs. 3.21, 3.22, 3.23, se muestran las geometrías de troquelación en los seis cajones de cimentación, y en la fig. 3.24 se muestra el sistema y detalles de colocación de troqueles.

Los troqueles que se coloquen en el claro corto del cajón (transversales) rigen el nivel de apuntalamiento, y los ortogonales a éstos (longitudinales) se colocarán por arriba de los primeros librando solamente el diámetro de los mismos.

Una vez alcanzado el nivel de excavación - 3.0 m. se colocará el primer nivel de troqueles al nivel 2.0 m., colocados en disposición ortogonal, como se muestra en las figuras 6 a 8. Se tendrá siempre presente que el punto de apoyo del troquel sea en la junta entre muros, con la viga madrina antes mencionada. Este primer nivel de troqueles recibirá una precarga de 25 toneladas y será fijado a las tablestacas a través de cables de acero de ϕ 1/2" (estrobos), rodetes de madera, etc. (como se indica en el detalle de la figura 3.24), de tal manera que se garantice la estabilidad de los troqueles.

A continuación se procederá a la excavación de la segunda etapa hasta alcanzar el nivel -5.10 m., debiendo entonces colocar el segundo nivel de troqueles al nivel -4.10 m., siguiendo el mismo procedimiento de colocación y sujeción de los troqueles del nivel anterior. Este nivel recibirá una precarga de 60 ton.

Se ejecutará entonces la última etapa de excavación hasta el nivel de proyecto definido en los planos estructurales de los

cajones de cimentación CJ-2 y CJ-3, y en los estribos respectivamente. Finalmente se coloca el tercer nivel de troqueles a una profundidad de -6.20 m., con el procedimiento descrito en los niveles anteriores, fijando y garantizando su estabilidad, y con una precarga de 50 ton.

Todos los troqueles se apoyarán siempre sobre concreto sano; en caso de encontrar concreto contaminado se tendrá que reconstruir esta zona, de tal manera que se garantice la continuidad estructural, previamente revisada y autorizada por la supervisión.

En los muros tapón de los cajones de estribo los troqueles reaccionarán contra la losa de fondo previa preparación de un muerto de concreto. (Fig. 3.23).

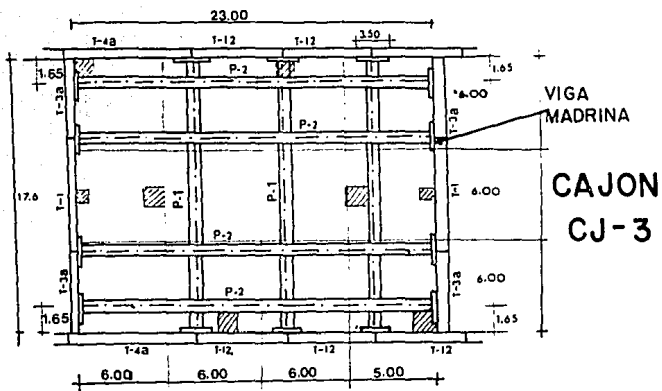
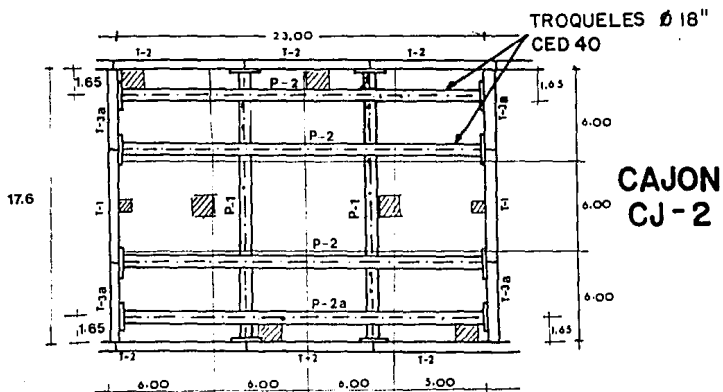


FIG. 3.21



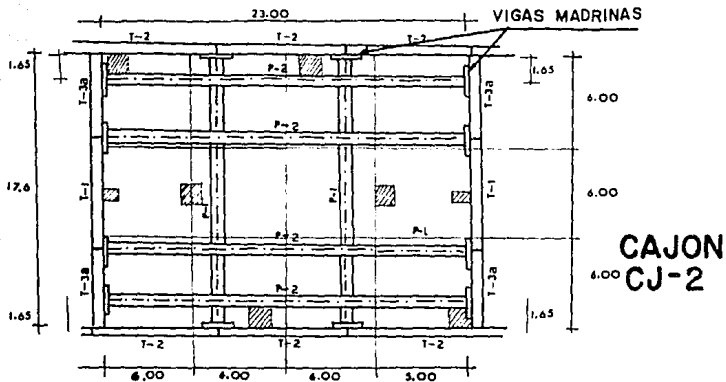


FIG. 3.22

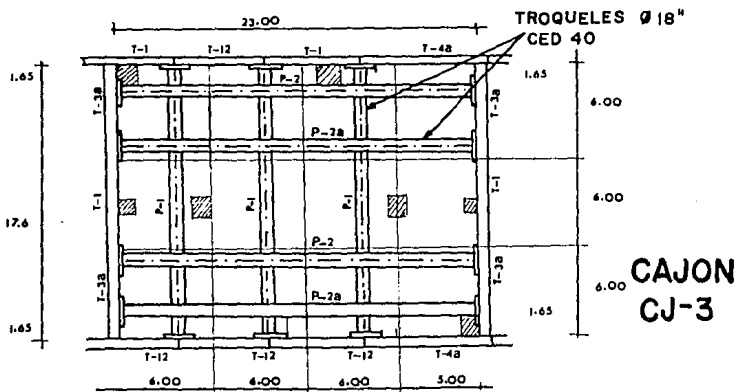
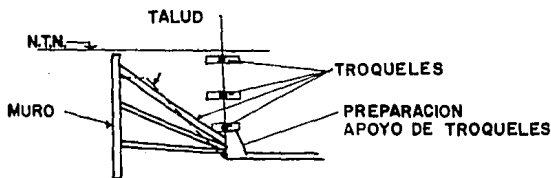
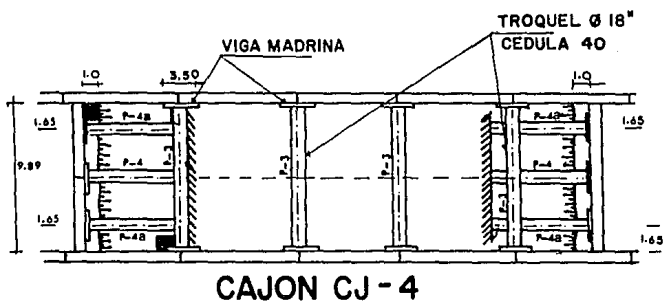
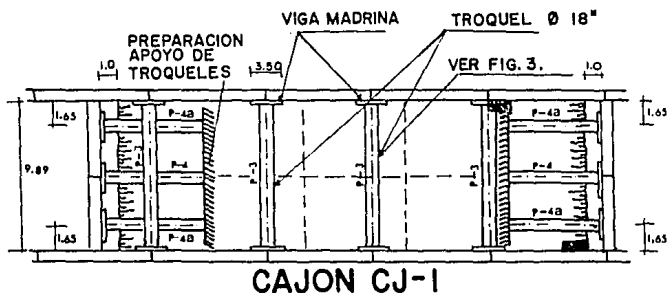
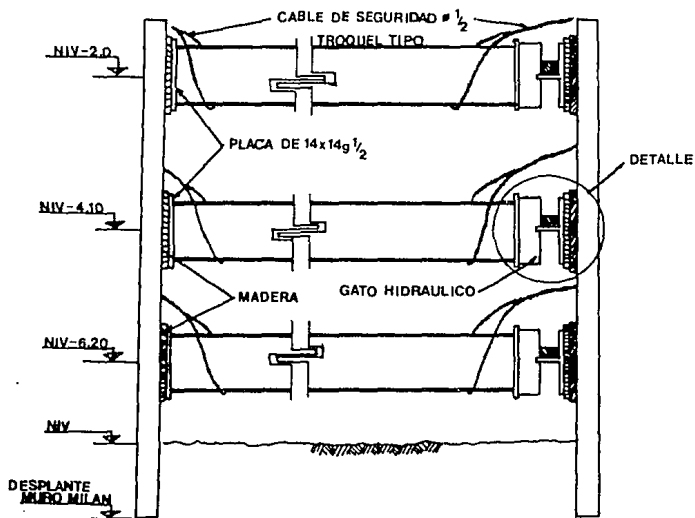


FIG. 3.23



CORTE ESQUEMATICO (TIPO)



SISTEMA DE TROQUELACION

FIG. 3.24

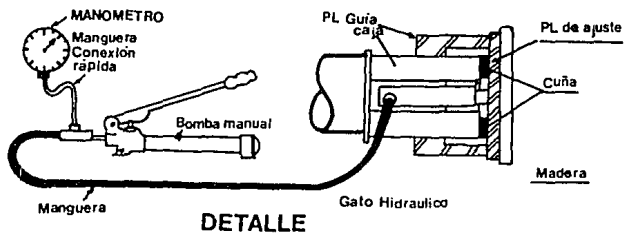


TABLA DE CARACTERISTICAS EN TROQUELES

TROQUEL	LONG. MAXIMA	CARACTERISTICAS	PRECARGA TON.		
			1° NIV.	2° NIV.	3° NIV.
P - 1	17.6 m	o 18" CED 40	25	60	50
P- 2	22..2 m	o 20" CED 40	25	60	50
P- 2 a	22.2 m	o 20" CED 40	17	40	35
P - 3	9.89	o 18" CED 40	25	60	50
P - 4	6.5 - 9.9	o 18" CED 40	35	70	60
P - 4a	6.5 - 9.9	o 18" CED 40	25	60	50

Nota: Se deberán ajustar las dimensiones dadas en campo.

Fig. 3.25

3.7 MONITOREO Y PREVENCION.

Con el fin de garantizar que las deformaciones y la velocidad de deformación se mantengan dentro de un intervalo de seguridad, se deberán realizar mediciones con una frecuencia de 1 hora sobre testigos colocados al centro de cada módulo excavado. Los testigos podrán ser varillas ahogadas en elementos de concreto en la plantilla. Posteriormente estas referencias se trasladarán a la losa de fondo.

En caso de que las mediciones (nivelaciones) indiquen una velocidad de deformación (expansión) mayor o igual a 2 mm/hora, se procederá inmediatamente al colado de la losa de fondo sin esperar al fraguado inicial de la plantilla. Si a pesar de esto, la expansión persiste, se procederá a la colocación de lastre, aplicando una carga de 2 t/m², debiendo colocarse uniformemente repartida sobre toda el área que manifieste este fenómeno.

Lo anterior implica que se deberá contar en la obra, en todo momento y en la cantidad suficiente con los elementos que eventualmente funcionarán como lastre.

En lo relativo a los taludes con relación V:H: 1 : 0.5, deberá realizarse una revisión permanente del talud, de manera que, en caso de presentarse grietas paralelas al hombro del talud la pendiente se modificará a una relación 1:1.

3.8 BANCOS DE NIVEL FLOTANTE.

Al centro de cada una de las celdas que formarán los cajones de cimentación del puente vehicular "Purísima", se instalarán bancos de nivel flotante, que servirán para llevar control de variaciones del nivel que pudieran surgir durante la realización de la obra, a continuación se describen los materiales y el procedimiento de instalación.

1) OBJETIVO

Este dispositivo permite determinar los movimientos verticales causados por las expansiones y hundimientos generales en el fondo de las excavaciones a cielo abierto. Las mediciones en este instrumento deberán estar referidas a un banco de nivel fuera del área de influencia de la obra.

2) APARATO.

Los elementos que lo integran son:

- a) Tubo galvanizado de 1" de diámetro, en tramos de un metro cuya longitud es la profundidad de instalación del banco.
- b) Muerto de concreto de $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ de 4 pulgadas de diámetro y 30 cm. de altura, colocado en la parte inferior de la tubería.
- c) Cople de unión entre el tubo galvanizado y el muerto de concreto.
- d) Tapón para nivelación colocado en la parte superior del tubo. (fig. 3.26).

3) INSTALACION.

- 3.1) Profundidad: La profundidad de instalación del banco de nivel flotante debe ser de 1.2 m. abajo del nivel máximo de excavación.
- 3.2) Perforación: Debe efectuarse una perforación de 6" de diámetro con una máquina o herramienta que cuente con equipo para el lavado del pozo.
- 3.3) Instalación: Se baja el cilindro de concreto a la parte inferior del pozo, acoplándose los tramos de un metro de tubo galvanizado. Debe de asegurarse que el cilindro de concreto apoye firmemente en el fondo del pozo por lo

que se debe cuidar la profundidad de perforación.

Después de instalado el banco de nivel flotante, deberá rellenarse con grava de tamaño máximo de 3/4".

- 3.4) Protección: La parte superior del aparato deberá estar protegida con un tubo de fierro de 6" de diámetro que cuente con tapón capa. El tubo protector debe de instalarse como se muestra en la figura 3.26.

El tubo protector deberá instalarse en una perforación rellena con tepetate compactado, no deberá tener candado y deberá sobresalir 20 cm. para que sea visible.

4) MEDICIONES.

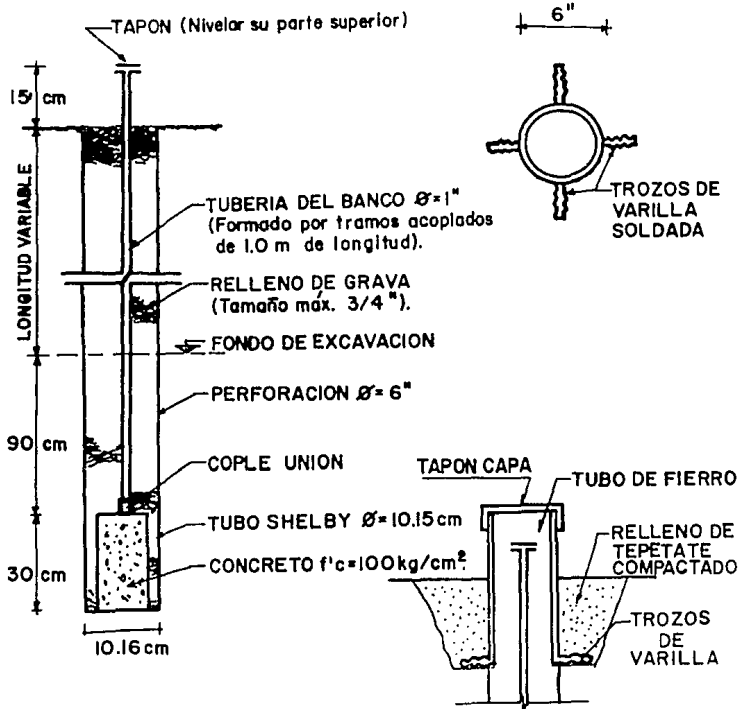
Variarán dependiendo de los requerimientos y avances de la obra; puede ser desde 1 lectura cada 15 días para verificación de hundimientos regionales, hasta una lectura por día para el control de las expansiones o hundimientos durante la excavación y construcción respectivamente.

En caso de detectarse velocidades de expansión o hundimiento mayores a 4 mm. por día, la frecuencia de las lecturas deberá ser de al menos una por cada turno.

Durante la excavación los tubos deberán desacoplarse por tramos de un metro modificando el nivel de referencia original. Por su facilidad de instalación, el tapón protector deberá instalarse al fondo de la excavación cada vez que se desacople la tubería.

Las mediciones del banco de nivel flotante forman parte del control topográfico de las excavaciones.

BANCO DE NIVEL FLOTANTE



**DETALLE DE PROTECCION
DEL TRAMO SUPERIOR DE LA
TUBERIA.**

FIG. 3.26

3.9 LOSA DE CIMENTACION.

La losa de cimentación está conformada por la estructura a base de concreto armado, localizada en el fondo de los cajones de cimentación.

Todos los cajones cuentan con 4 costados de muros Milán (c/u), dos de ellos funcionan como muros tapón, esto es que sólo funcionan como muros de contención durante la construcción de la cimentación del puente, estos muros serán demolidos posteriormente cuando se de continuidad a la estación del Metro; por lo tanto nuestra losa de cimentación, no deberá estar ligada estructuralmente con los muros ubicados en los costados oriente y poniente del cajón (muros tapón).

El proceso constructivo de la losa, está determinado por el sistema de troquelación, el cual impide que se ataque en una solo etapa. Además por seguridad no se deberá descargar el terreno en su totalidad, para el cual se excavarán módulos o franjas que vayan troquelando gradualmente el cajón.

CONSTRUCCION DE LA LOSA DE FONDO.

Antes del colado de la losa se colará una plantilla de concreto pobre ($f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$) de 10 cm. de espesor, sobre la cual se realizarán todas las actividades inherentes al colado de la misma. Una vez que la plantilla alcance su fraguado inicial (4 horas aprox.) se realizarán los trabajos necesarios para el armado de la losa de fondo, incluyendo la liga de ésta con los muros, disponiendo de un tiempo máximo de 8 hrs. para la terminación de la losa de fondo. Los detalles estructurales se consignan en los planos y especificaciones correspondientes.

Una vez colada la losa de fondo deberá suspenderse el bombeo del tramo y sellar los pozos mediante la colocación de concreto con algún aditivo expansor.

Cuando el concreto de la losa de fondo alcance el 50% de su resistencia (aproximadamente 5 días) se retirarán los troqueles inferiores (3er. nivel).

Podrá entonces colocarse también la losa tapa y firme estructural, previendo dejar libre el espacio de una tableta para desalojar los troqueles, y alcanzado el mismo porcentaje de resistencia, se procederá al retiro de los troqueles superiores (1er. y 2do. nivel.).

En los cajones con muro medianeros CJ-2 y CJ-3 se sigue un proceso similar de excavación, y en la última etapa (3er. nivel de troqueles), se excava de acuerdo a la ubicación del troquelamiento.

En los cajones CJ-3 de los apoyos 2-3 y 8-9 se define el proceso constructivo siguiente:

DESCRIPCION POR ETAPAS.

- 1.- Excavación 1er. nivel (2.10 mts.).
- 2.- Se colocan troqueles transversales (2.00 mts.).
- 3.- Se colocan troqueles longitudinales (1.50 mts.).
- 4.- Excavación 2do. nivel (4.30 mts.).
- 5.- Se colocan troqueles transversales (4.10 mts.).
- 6.- Se colocan troqueles longitudinales (3.60 mts.).
- 7.- Se excavan franjas para colocar 2 troqueles longitudinales (6.20 mts.).
- 8.- Se excava franja central (7 x 7 mts.) nivel máximo de excavación (24.20 mts.).
- 9.- Colado de plantilla (10 cm.).
- 10.- Armado de losa de fondo.
- 11.- Colado de losa de fondo (85 cm.).
- 12.- Colado opcional de módulos franja central.
- 13.- Abrir zanjas en juntas de muro con una medida de 2 mts. (A,B,C,D,E,F).
- 13a.- Colado de plantilla.
- 13b.- Armado de losa de fondo
- 13c.- Colado de losa de fondo.
- 14.- Se podrá colar cualquier módulo restante de la losa de

fondo.

Nota: El colado de franjas de 2 mts. se realizó para sustituir troqueles transversales del 3er. nivel. (ver fig. 3.27).

SECUENCIA PARA EL COLADO DE MODULOS EN LOSA DE CIMENTACION

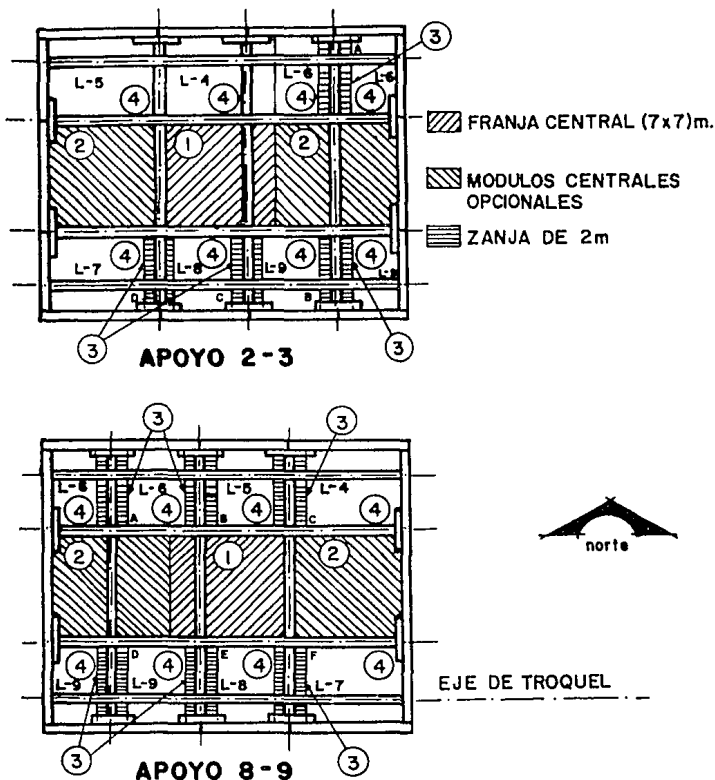


FIG. 3.27

La construcción de la losa de cimentación en el cajón CJ-1 del apoyo 1 y CJ-4 del apoyo 4, también está regida por la colocación de troqueles, además se excavarán módulos rectangulares que serán colados en un tiempo máximo de 8 hrs. (ver fig. 3.28).

Estos módulos serán de 4 m. de ancho, salvo la losa No. 1, la cual tendrá un ancho de 2.81 mts.

Una vez que la excavación es terminada se procede al colado de la plantilla de concreto pobre, que debe ser fabricada con un aditivo acelerante de fraguado.

Inmediatamente se procede a descubrir la capa de espuma sintética (poliestireno) que cubre el acero que unirá al muro Milán con la losa de cimentación, entonces se procede al armado de acero, cimbrando los costados si no hubiere losa aledaña.

Para la colocación del concreto se puede hacer con grúa y bacha o con tubo de P.V.C. de 10" de diámetro, evitando la segregación de los componentes del concreto

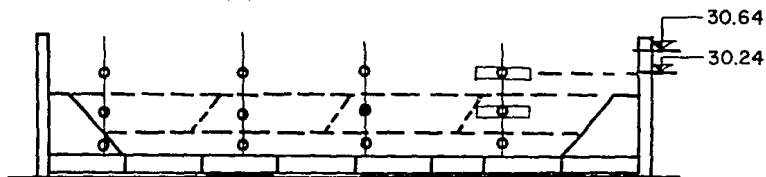
Como en la losa de cimentación se desplantarán los dados de cimentación, y los muros medianeros, se deben dejar las preparaciones de acero para este fin, cuidando minuciosamente su ubicación por medios topográficos.

Para dejar la preparación de dados en muro Milán D-1, se deberá dejar sin colar la zona que ocupará el dado más una tolerancia que permita los trabajos de construcción del mismo; para dejar esta preparación se suspenderá el colado con una inclinación de 45°.

Además se deberán dejar las preparaciones para la construcción de muro andén y se colocarán drenes de tubo de P.V.C. de 10 pulgadas, con respiraciones de tubo de P.V.C. de 4".

Todas estas consideraciones son de vital importancia para continuar con la construcción del puente y la estación de la línea del metro.

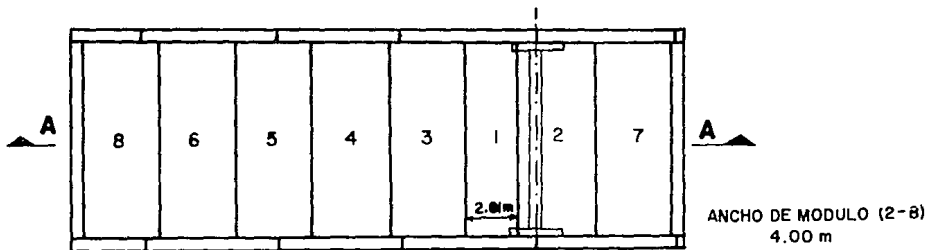
SECUENCIA PARA EL COLADO DE MODULOS EN LOSA DE CIMENTACION



CORTE A .A

CJ-1 y CJ-4

FIG.3.28



PLANTA

IMPERMEABILIZACION.

Durante la excavación se deberán detectar todas las imperfecciones del muro Milán que propicien la entrada de agua al interior del cajón. Dependiendo del tamaño de conducto se realizará el tratamiento, es decir, las oquedades que puedan ser tratadas mediante colados locales se limpiarán hasta que la superficie en contacto esté perfectamente limpia y libre de partículas sueltas, el concreto para rellenar deberá contener un aditivo estabilizador de volumen. Las fisuras en las que no sea posible realizar lo anterior se tratarán mediante inyección de lechada o morteros, previo calafateo de las mismas, dejando las preparaciones necesarias para la conexión con la bomba de inyección.

Aquellas fisuras en donde por su magnitud no sea posible lo anterior se realizarán inyecciones de productos químicos tipo resinas que sean previamente autorizadas por COVITUR y la supervisión.

Durante la ejecución de estos trabajos se deberá contar con supervisión continua para garantizar la efectividad de los mismos, en cada zona detectada y clasificado el tratamiento, se deberá verificar la condición de limpieza del área por tratar.

LASTRE.

Una vez finalizados en su totalidad, los trabajos correspondientes al cajón de cimentación, se procederá a lastrar con agua hasta alcanzar el nivel de agua freática (NAF) del sitio. Posteriormente cuando se tengan construidos los dados de apoyo por cada columna, las columnas de apoyo, los cabezales y la trabe de apoyo se retirará el 50% del lastre. Finalmente cuando se coloquen las trabes centrales se quitará el 50% restante.

BOMBEO DURANTE EL SERVICIO.

Durante la construcción del cajón de cimentación se deberán prever los cárcamos de bombeo y estructuras complementarias que funcionarán durante el servicio de la obra, con la finalidad de garantizar un tirante máximo de 30 cm. dentro del cajón.

RELLENOS LOCALES.

Colada y descimbrada la losa tapa se rellenará la parte exterior de ésta con material limo-arenoso (tepetate), compactado al 95% AASHTO estándar (T-99) en capas de 20 cm. (máximo) de espesor y obtener un valor relativo de soporte (VRS) de 20% (mínimo).

Todos los rellenos que se coloquen en la zona de obra y no tengan una función estructural u ornamental, deberán colocarse y compactarse con las mismas características del párrafo anterior.

Sobre los rellenos se dará el acabado que corresponda según lo dispuesto por COVITUR, pudiendo ser pavimentos, camellones, jardinerías, etc.

3.10 MURO MEDIANERO Y DADOS DE CIMENTACION.

En cuatro cajones de cimentación.

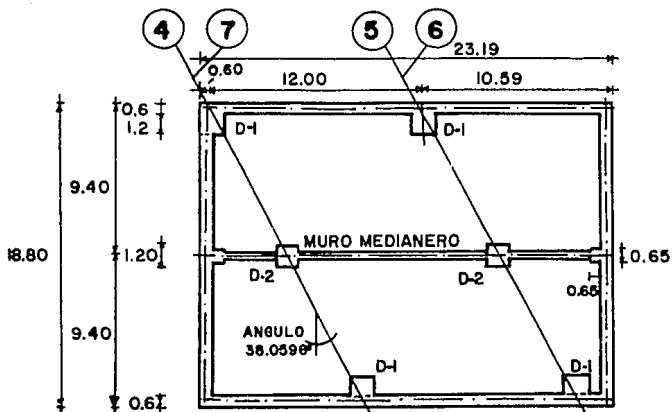
CJ-3	Apoyo	2-3
CJ-2	Apoyo	4-5
CJ-2	Apoyo	6-7
CJ-3	Apoyo	8-9

Deberán construirse los dados de cimentación, 6 piezas

por cajón, ubicadas y ancladas en el muro Milán norte, dos en el sur y dos en el centro del cajón, contenidas en el muro medianero. Estos dados están alineados sobre los ejes de apoyo del cajón. (fig. 3.29).

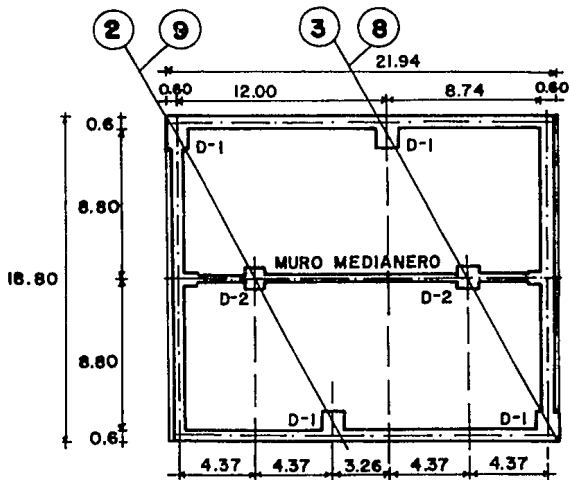
Los dados de cimentación ubicados sobre muro Milán, los denominaremos "D-1" y a los que están en el muro medianero "D-2", éstos servirán de soporte para el despiante de columnas, y serán los que reciban toda la carga del puente.

Los dados de cimentación D-1 se construirán y anclarán a la losa de fondo previamente preparada para este fin.



CAJON CJ-2

FIG.3.29



CAJON CJ-3

En los cajones CJ-1 y CJ-4 de los apoyos 1 y 4 respectivamente, sólo se tienen dos dados de cimentación D-1 y no cuentan con muro medianero, y cuyo proceso de construcción es similar a los dados de los otros cajones.

Esto se debe a que los cajones CJ-1 y CJ-4 pertenecen al cajón del Metro, en el que sólo funciona como paso del tren, mientras los cajones CJ-2 y CJ-3, forman parte estructural de la futura estación del Metro, por esta razón son de una dimensión transversal mayor, pues necesitan alojar el andén para el ascenso y descenso de pasajeros.

DADOS D-1.

Se comienza por ubicar el dado dentro del cajón de cimentación, es necesario hacerlo con una topografía exacta, ya que a partir de estos elementos estructurales, todas las fallas repercutirán en la posición de columnas, y ocasionará problemas en el montaje de las traveses prefabricadas que conformarán la superestructura.

Se hará limpieza de la zona donde será la base del dado, pues deberá anclarse a la losa 50 cm. como mínimo.

En el muro Milán se demolerá una franja de 20 cm., de profundidad para descubrir el acero del muro y complementarlo con el del dado; la franja ocupará únicamente la dimensión del dado, más una tolerancia que permita el trabajo de cimbra y anclaje.

En caso de no estar completo el acero en el muro Milán por desfaseamiento, se deberá colocar el acero faltante y en las zonas donde se requiera.

A continuación se procederá al armado de acero, colocación de varillas longitudinales y estribos. (fig. 30).

Como el dado es de aproximadamente 6 m. de altura, se recomienda cimbrar la mitad y realizar el colado, para posteriormente colar la parte superior restante. Esto se debe a que con esta altura se da una gran presión por el concreto que podría hacer fallar la cimbra, además de que el cimbrado sería más difícil, contando también con la segregación de materiales.

El acabado deberá ser aparente por lo que hay que cuidar el buen estado de la cimbra.

MURO MEDIANERO Y DADOS D-2.

El muro medianero se localiza al centro del cajón (sólo en CJ-2 y CJ-3) y en él están contenidos 2 dados D-1 y dos dados pequeños (65 x 65 cms.), que están ubicados en los extremos del muro. (fig. 29 y 30).

El proceso constructivo de los dados y el muro se efectúa simultáneamente.

Se comienza por la limpieza en la zona donde se desplantará el muro medianero, previa preparación en losa de cimentación; siguiendo con el habilitado de acero de muro y dados.

Como todavía deben estar los troqueles de 1º y 2º nivel, se suspende el armado en esas zonas, únicamente donde pasa el tubo, dejando la preparación para colar después del retiro de troqueles; también se dejará una zona rectangular sin colar en la parte baja del muro (1.50 x 1.00 m.), esta zona será utilizada en la recuperación de troqueles y colada posteriormente.

Se realizan los trabajos de cimbrado, se recomienda el colado en 2 etapas, dividiendo al muro en 2 partes, alta y baja; para facilitar los trabajos, el colado se realizará por medio de tubo de P.V.C. de 10", o con grúa y bacha.

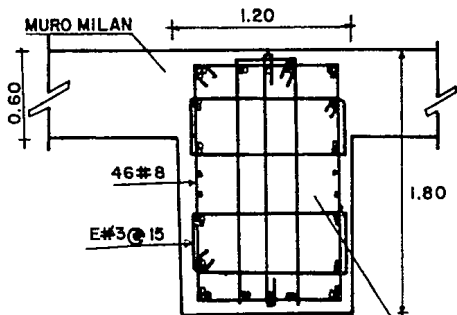
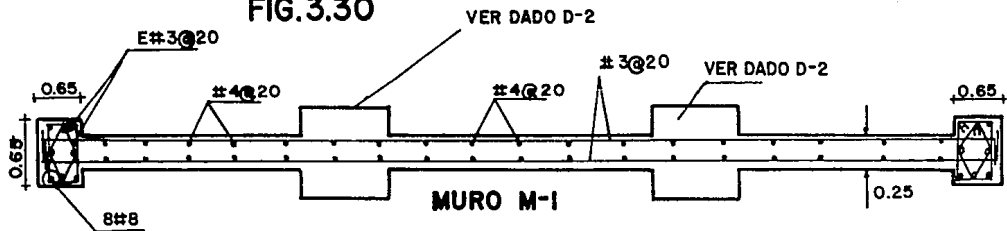
Los trabajos de colado se interrumpirán en el nivel que comience el coronamiento.

El coronamiento es un capitel a todo lo largo del muro medianero y sirve para ampliar el área de soporte de las tabletas prefabricadas, que conforman la tapa del cajón.

Una vez que se coló hasta el nivel anterior, se arma el coronamiento, y se realizan los trabajos de cimbrado, colado y descimbrado del mismo.

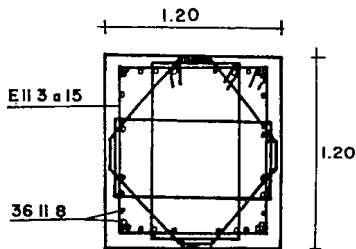
En la fig. 3.30 se presenta un corte transversal del cajón donde se puede ver la ubicación de los diferentes elementos, también el armado general del muro y dados.

FIG.3.30



DADO D-1

ESTE DADO DEBE COLARSE JUNTO CON MURO MILAN.



DADO D-2

ACERO EN MURO MEDIANERO Y DADOS DE CIMENTACION

3.11 TABLETAS PREFABRICADAS.

La tapa estructural de los cajones de cimentación está constituida por tabletas de concreto preesforzado, además de ser prefabricadas.

Para unir las se construye un firme de compresión a base de concreto armado el cual integra a las tabletas en un elemento que funciona como la losa tapa de los cajones.

Las tabletas prefabricadas se dividen en tres tipos de acuerdo a su tamaño:

	ANCHO	PERALTE	LARGO
TAB - 1	1.80	0.35	9.80
TAB - 2	1.60	0.35	8.83
TAB - 3	1.10	0.35	8.83

Son necesarias un total de 122 tabletas para tapar en su totalidad los cajones de cimentación del puente.

Es importante considerar el número de piezas y el tipo que se necesita en cada cajón, esto es con el fin de poder hacer un acomodo óptimo de ellas, cuando sean suministradas a la obra.

El peso de ellas fluctúa entre 10 y 14 tons., y su reacomodo ocasiona movimientos de maquinaria y repercuten directamente en el costo de colocación. De tal manera cuando las tabletas lleguen a la obra se tendrá previsto un lugar de almacenamiento que deberá ser el más cercano y maniobrable del cajón correspondiente.

De acuerdo a las tabletas que irán en cada cajón, estarán ubicadas de la siguiente manera. (ver fig. 3.31, 3.32, 3.33).

		CAJON	TAB 1	TAB 2	TAB 3
APOYO	1	CJ-1	19 PZAS.		
APOYO	2-3	CJ-3		16 PZAS.	4 PZAS.
APOYO	4-5	CJ-2		16 PZAS.	6 PZAS.
APOYO	6-7	CJ-2		16 PZAS.	6 PZAS.
APOYO	8-9	CJ-3		16 PZAS.	4 PZAS.
APOYO	10	CJ-1	19 PZAS.		

DESPIECE DE TABLETAS EN LOSA TAPA

CJ-2

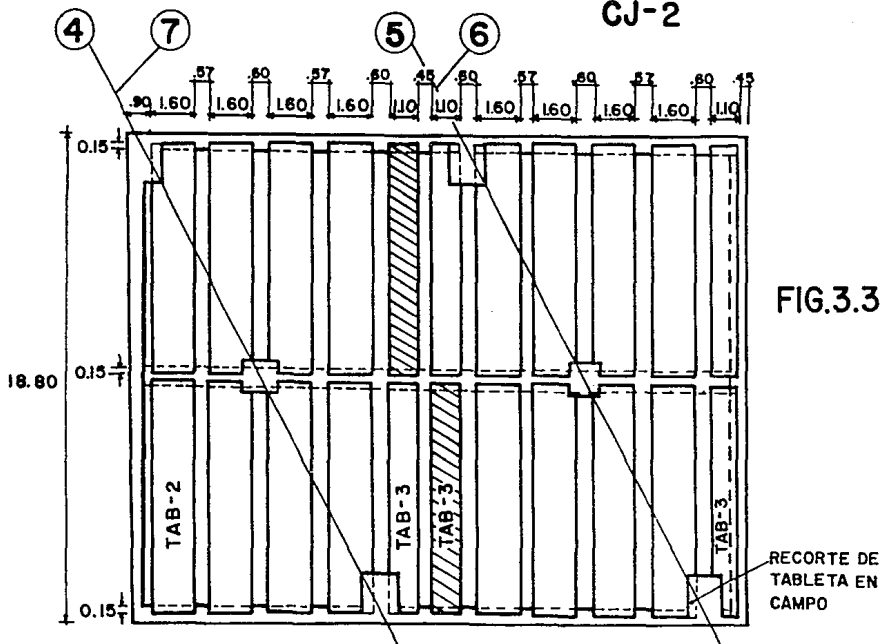


FIG.3.31

DESPIECE DE TABLETAS EN LOSA TAPA

CJ-3

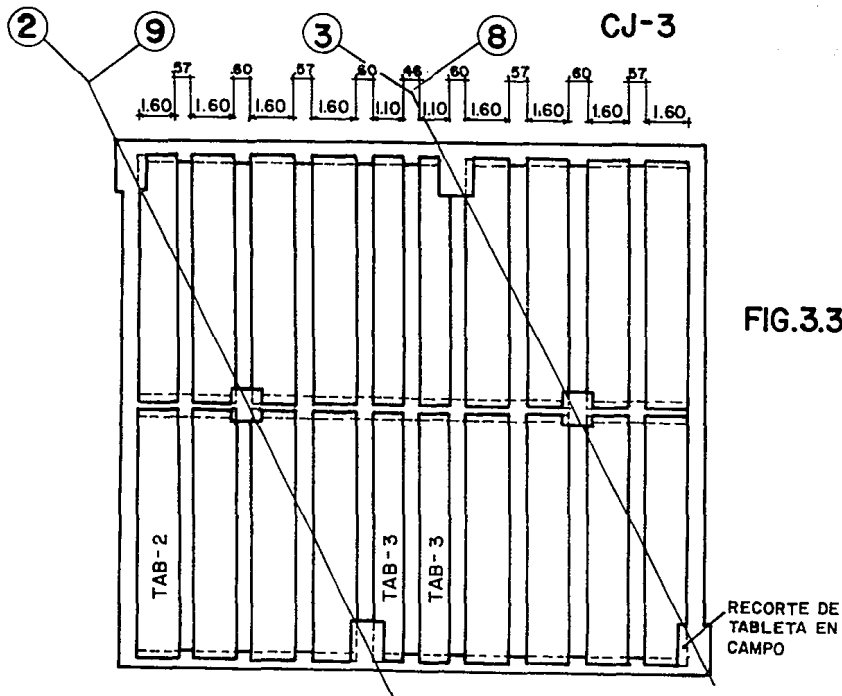


FIG.3.32

DESPIECE DE TABLETAS EN LOSA TAPA

CAJON CJ-1 y CJ-4

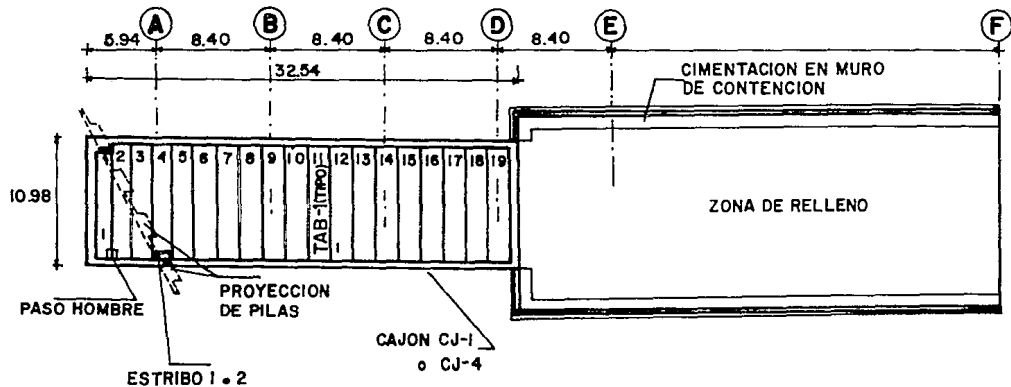


FIG. 3.33

Los tres tipos de tableta, tienen un proceso constructivo y de colocación muy parecido, pues lo único que varía es su dimensión y con ello las cantidades de material.

La fabricación de las tabletas se efectuará fuera de la obra, se realizarán en una planta de prefabricados, donde se cuenta con las condiciones más favorables y todo lo necesario para su correcta fabricación, ejemplos de estos implementos son las mesas donde se le aplica el preesfuerzo a la tableta, y sirve como cimbra, también está mejor dispuesto el sistema de colado que generalmente se hace por medio de una bacha y una grúa hidráulica.

Cuando se hacen las tabletas en planta, se hace más fácil el control de almacenamiento, ya que pueden suministrarse a la obra cuando sean requeridas. Esto evitará congestionamientos en las áreas de trabajo de nuestro puente, pues su área de construcción es limitada.

Otro factor para que sean elementos prefabricados, es que pueden ser fabricados con anterioridad y tenerlas en total disposición, implicando un ahorro de tiempo considerable en su colocación.

El proceso constructivo de las tabletas se describe a continuación:

La mesa de tensado es una cimbra metálica, con 2 muertos de concreto y acero en los extremos, en ella se coloca el acero y el poliestireno que sirve para aligerar las tabletas.

La cimbra debe ser curada con diesel, y debe estar en perfectas condiciones, no debe tener abolladuras o deformaciones en su geometría, porque se requiere un acabado aparente en la parte visible de la tableta.

Se coloca el acero de refuerzo y el acero de tensión, en el lecho bajo de la tableta, después se coloca el poliestireno y se pone el acero de refuerzo faltante.

Entonces se aplica el preesfuerzo al elemento, colocando los torones, y tensando los tendones de acero por medios hidráulicos (ver capítulo V); siguiendo esta secuencia se coloca el concreto, sin olvidar los cables de izaje de la tableta.

Para la fabricación deben tomarse en cuenta las siguientes especificaciones:

- Concreto $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ al destensar $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.
- Tamaño máximo del agregado grueso $1/2"$.
- Revenimiento máximo 10 cm. se considerará la trabajabilidad del concreto de alta resistencia prueba (Vo.Bo.).
- Porcentaje de finos 50%.
- Contenido de aire 6 %.
- El recubrimiento mínimo libre será de 2 cm. excepto donde se indique otra dimensión.
- Acero de refuerzo grado duro $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.
- En ningún caso se podrá traslapar más del 33% del acero en una misma sección.
- Los anclajes y traslapes se trabajarán según la tabla de "detalles de refuerzo".
- La soldadura será al arco eléctrico y se usarán electrodos de la serie E - 90 xx.
- Tensar torones a 13700 Kg. c/u.
- Los elementos prefabricados no deberán perforarse, ni balancearse sin previa consulta al diseñador.

El curado se realiza a vapor, cubriendo con lonas y humedeciendo con el vapor producido por una caldera que cura las necesidades de curado.

El descimbrado de la tableta se realizará con sumo cuidado ya que el concreto se pega fuertemente a la cimbra, pudiendo dañarla al momento del izaje.

El transporte se realiza en trailers con plataforma normal, no debiendo estibar más de 3 elementos verticalmente.

Serán cargados y descargados con una grúa con una

capacidad de 20 toneladas.

La colocación correcta depende del trazo topográfico que se haga en muros Milán y muros medianeros, se sugieren palomas de pintura para marcar el despiece exacto.

Antes de la colocación debe humedecerse la zona de asentamiento de la tableta y colocar un mortero arena cemento 1:5, en esa parte.

Las maniobras deben hacerlas gente capacitada y experimentada en movimientos con grúa, pues éstos movimientos implican que personal de colocación esté vigilando los movimientos de cerca y esto determina peligro por el gran peso que cuelga de la grúa.

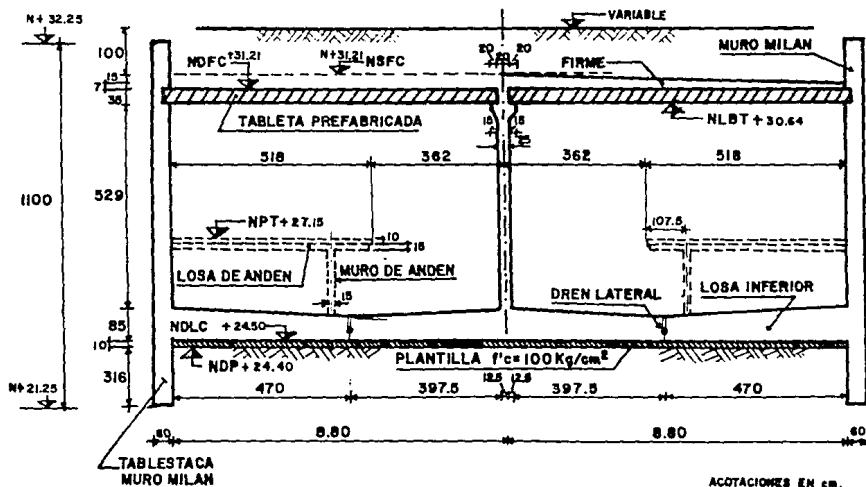
Se hace hincapié en la capacidad de la grúa pues es necesario que esté sobrada en cuanto a su capacidad de levantarse para lanzar las piezas en los lugares más alejados del cajón.

El recorte de tabletas se realizará en campo, una vez que estén marcadas las referencias topográficas. Se hará midiendo físicamente cuál será la magnitud de los cortes y en qué tabletas deben hacerse.

Estos cortes se harán por medios manuales, esto con el fin de no lastimar el concreto, pues si se usan equipos mecánicos, como martillos neumáticos, por vibración y golpe, podría ocasionar fallas en la tableta.

En la figura 3.34 se muestra la posición de las tabletas para tapar el cajón de cimentación, también pueden verse las estructuras más importantes tratadas en este capítulo, las cuales conforman la infraestructura del puente vehicular "Sta. María Purísima".

CORTE TRANSVERSAL DE CAJON DE CIMENTACION



- NSFC NIVEL SUPERIOR FIRME DE CONCRETO
- NDFC NIVEL DESPLANTE FIRME DE CONCRETO
- NLBT NIVEL LECHO BAJO DE TABLETAS
- NDLC NIVEL DESPLANTE LOSA DE CIMENTACION
- NDP NIVEL DESPLANTE DE PLANTILLA

FIG. 3.34

CAPITULO IV

ESTRUCTURA

IV. ESTRUCTURA

A partir del firme de compresión que sirve de tapa a los cajones de cimentación, está el conjunto de obras estructurales que soportarán la superestructura prefabricada.

Estos elementos que trabajarán en conjunto integran la ESTRUCTURA del Puente Vehicular Sta. María Purísima (Fig. 41).

Este capítulo está dirigido principalmente a analizar y describir los trabajos necesarios para fabricar la Estructura, haciendo hincapié de que los procesos constructivos pueden sufrir variaciones y cambios de acuerdo a las posibilidades de cada constructor.

La estructura consta principalmente de columnas de concreto armado, ubicadas sobre los ejes de apoyo donde haya cajón de cimentación. Estas columnas cuentan con un capitel de concreto armado de una geometría especial para montar sobre ellos las traveses prefabricados.

Algunos elementos de la ESTRUCTURA son fabricados posteriormente a la colocación de la superestructura, ya que funcionan simultáneamente con ella, tal es el caso de los cabezales, diafragmas metálicos, tabletas, etc.

Para dar idea de la ubicación de la estructura podemos clasificar los elementos que se desplantan a partir de cada apoyo:

APOYO	1	Muro estribo, muros de contención.
APOYO	2-3	Columnas, capiteles, cabezales.
APOYO	4-5	Columnas, capiteles, cabezales.
APOYO	6-7	Columnas, capiteles, cabezales.
APOYO	8-9	Columnas, capiteles, cabezales.
APOYO	10	Muro estribo, muros de contención.

Es importante decir que la Superestructura de traveses prefabricadas se apoya a partir del muro estribo del eje 1, y en las columnas de los cajones 2-3, 4-5, 6-7, 8-9, terminando en el muro estribo del apoyo 10. Estos estribos serán construidos ligados a los muros de contención, debido a que ahí se construirá el terraplén aligerado. Consideramos que los muros de contención forman parte de la estructura porque soportan cargas producidas por la pista de rodamiento.

El ataque de la construcción de columnas es independiente entre los cajones, lo único que se necesita es haber colocado el firme de compresión traveses de liga y dados de tal manera es indistinto cual sea su ataque, se sugiere empezar por los cajones que libran el paso de la estación del Metro.

La topografía juega un papel vital en toda la estructura, si se falla en la localización, de ejes, posicionamiento de aceros, etc, se presentarán graves problemas para el montaje de las traveses prefabricadas, las cuales se elaboran independientemente de los trabajos ejecutados en obra.

Las columnas están dispuestas en 4 piezas por apoyo y son inclinadas con respecto al esviaje del puente, y a su mismo eje, dándole a la ejecución de los trabajos un alto grado de dificultad. (fig.4.1).

Todos los materiales y sus características están indicados en los planos de proyecto, así como también sus geometrías.

El uso de maquinaria para la ejecución de estos trabajos se apoya en grúas para elevar los materiales a donde estos se requieran, tal es el caso de varillas, tubos, accesorios metálicos, cimbras, etc.

También serán necesarios equipos para habilitar acero y cimbra como plantas de soldar, equipo de corte de acetileno y oxígeno, etc.

Se construirán andamios seguros cuando sea necesario el trabajo en los lugares altos de la Estructura, como en columnas y muros estribo, siempre resguardando al trabajador de obra.

La herramienta menor, como picos palas, grifas amarradores, martillos, etc, no puede dejar de ser mencionada pues con ella se realiza la mayor parte de los trabajos ejecutados directamente sobre la Estructura por parte de los obreros.

El tiempo de ejecución es importante, pues la construcción de apoyos donde descansarán las trabes prefabricadas debe considerar el lapso de resistencia del concreto los capiteles serán los que determinen la posibilidad de montaje en los ejes de columnas, por presentar la edad mas reciente de colado. En los muros estribo consideramos muestras de concreto tomadas en su colado, que indicarán si ya son aptos para recibir carga.

Conforme se vayan teniendo elementos de apoyo completos, se podrán ir montando las trabes, esto se realiza coordinando las actividades de estructura y trabes prefabricadas, es decir se tendrá estrecha comunicación obra-planta; la supervisión será la encargada de la coordinación.

Todos los elementos antes de ser colados, serán conciliados y aprobados por la supervisión, a través de solicitudes de colado.

A continuación se describen las partes a construir así como su procedimiento de construcción. (fig 4.1).

CORTE TRANSVERSAL DEL PUENTE

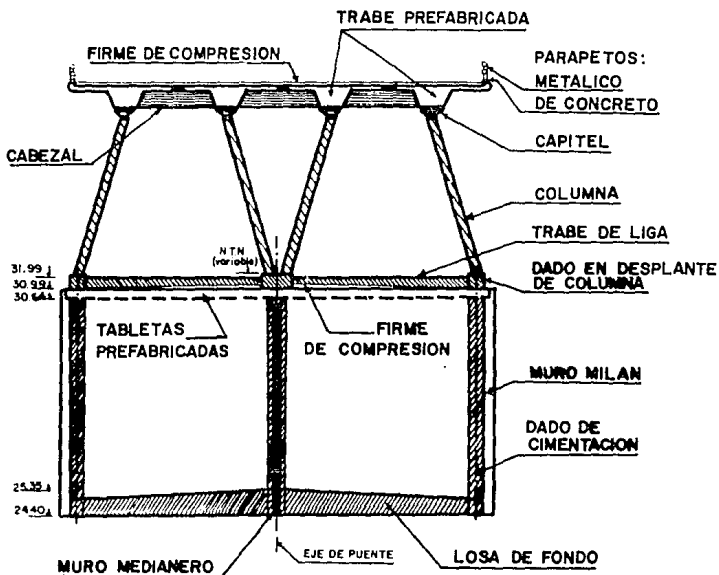


FIG. 4.1

4.1 FIRME DE COMPRESION, TRABES DE LIGA Y DADOS EN DESPLANTE DE COLUMNAS

La tapa de los cajones de cimentación esta compuesta por tabletas prefabricadas unidas por un firme de compresión. En este capítulo se realiza el estudio a partir del firme de compresión por considerar que las trabes de liga y los dados en el desplante de columnas forman parte de la Estructura del Puente, y se encuentran estructuralmente unidos al firme de compresión, formando una tapa y un principio de columnas monolítico.

Los procedimientos constructivos de estos elementos son simultáneos, y no puede realizarse colado sin que alguno de ellos este totalmente concluido para esta actividad.

Hace falta hacer la aclaración de que en los cajones CJ-1 y CJ-2, sólo será el firme de compresión, dejando las preparaciones de acero para recibir el muro estribo correspondiente, así como los muros de contención.

El firme de compresión es una losa de concreto armado que sirve para unir y rigidizar las tabletas prefabricadas, además cubre la totalidad del cajón y en ella se colocan los rellenos necesarios para alcanzar el nivel de piso terminado.

El firme de compresión tiene diferentes espesores de acuerdo a su funcionamiento estructural, y sus geometrías se determinan en el plano correspondiente.

Las trabes de liga funcionan como trabes de unión entre las tres bases para desplante de columna sobre un mismo eje de apoyo.

Será fabricada con concreto armado, y el acero estará ligado con el dado de desplante, y el firme de compresión.

Además otra de sus funciones es reforzar la losa tapa, para soportar la carga de trabajo, y evitar variaciones en la geometría del cajón. Se colocan 2 trabes de liga por cada cajón debido a que están contenidos en ellos 2 ejes de apoyo.

Los Dados en desplante de columnas son la base de las columnas de carga, y se asientan sobre los dados de cimentación, para ello se han recortado previamente las tabletas, permitiendo continuidad en los dos dados. Están unidos estructuralmente al firme de compresión, las trabes de liga y al dado de cimentación, por medio de concreto y acero, formando una estructura monolítica que cubre la totalidad del cajón de cimentación. (fig.4.2)

Su altura es de un metro, teniendo un recubrimiento variable en su parte superior esto con el fin de hacer un ajuste con respecto al nivel de terreno natural, pues se pretende que quede al ras de este nivel.

Los dados de desplante de columnas tienen una gran cantidad de acero de refuerzo ya que es en la base donde se presenta el mayor momento ocasionado por el peso de la superestructura.

Debido a la gran densidad de acero debe cuidarse de manera estricta el acomodo de las varillas para garantizar el recubrimiento requerido en los planos.

De manera breve se han descrito los elementos que forman la tapa de los cajones de cimentación ahora se analizará el procedimiento constructivo que deberá utilizarse en su fabricación. (Ver fig. 4.2)

- Se darán comienzo a las actividades con el cimbrado de los espacios entre las tabletas prefabricadas, se usará cimbra aparente, calafateando de manera cuidadosa los espacios donde se juntan las tabletas longitudinalmente con los muros tapón.

La cimbra es colocada y sujeta con varillas apoyadas sobre las tabletas, donde se amarrarán torzales de alambre que sujetan la madera de cimbra.

- A continuación se arman las traveses de liga, colocando su acero longitudinal y estribos, previo apuntalamiento de las tabletas con troqueles.
- Habilitado y armado de la parrilla baja del firme de compresión, cuidando el cruce de acero con la trabe de liga; y se colocan silletas para recibir la parrilla superior.
- Se realiza el armado de la parrilla superior.
- Se habilita y arma el acero longitudinal de las columnas, se sugiere el uso de una grúa hidráulica para la colocación de las varillas, para su alineación se utilizarán plomadas, que se harán coincidir con los puntos marcados por topografía, en la trabe de liga, esto para checar su correcta alineación sobre el eje de apoyo.
- Comienza el armado de los dados de desplante previa habilitación del acero.
- Con estas actividades se concluye el armado de acero, después de calafatear, se colocan ductos en lo que será el firme de compresión y serán colocados de tal manera que queden huecos para introducir estribos, con el fin de colgar y realizar las maniobras, de retiro de troqueles en el cajón de cimentación; sólo se podrán mover cuando el concreto del firme alcance el 75% de su resistencia.

En este punto las preparaciones para efectuar el vaciado de concreto deberán estar concluidas, se recomienda colar por etapas, la primera hasta el nivel de firme de compresión terminado.

Teniendo en cuenta la limpieza de las zonas por colar, se necesita un compresor para que por medio de aire a presión se retire el polvo. En las zonas donde se unirá concreto viejo con el firme se usará ADECON para ayudar a esta unión. Las superficies tendrán que humedecerse constantemente durante 8 hrs. previas al colado.

El vaciado se podrá realizar con canalones, o usando una bomba de concreto, de cualquier modo, se efectuará un estudio con anticipación de los frentes de ataque.

- La segunda etapa será colar la parte que resta de la trabe de liga, con labores de alineación topográfica, cimbra, y colado, en esta etapa los dados subirán al nivel de terreno natural.
- La cimbra se recomienda de madera, no es necesario un acabado aparente ya que estarán enterrados.
- Encima de los dados se colarán moñones de concreto que formarán el ángulo para el nacimiento de las columnas, esto con el fin de apoyar la cimbra metálica que les dará forma.

Colados los moñones quedan fabricados el firme de compresión, las trabes de liga y los dados en desplante de columnas y sólo resta rellenar la parte superior del cajón, sobre el firme, a una altura del nivel de terreno natural, colando una losa de 10cm. sobre este relleno, el armado será de varillas No. 3 a cada 20 cm. El relleno será de tepetate y compactado y se verificará según las pruebas y características contenidas en el capítulo VI de Terracerías y Pavimentos.

ACERO EN TRABE DE LIGA Y DADOS E.D.D.C.

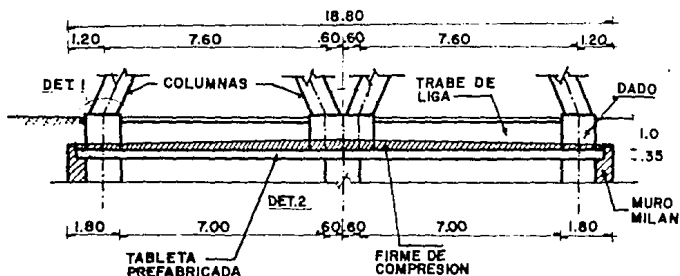
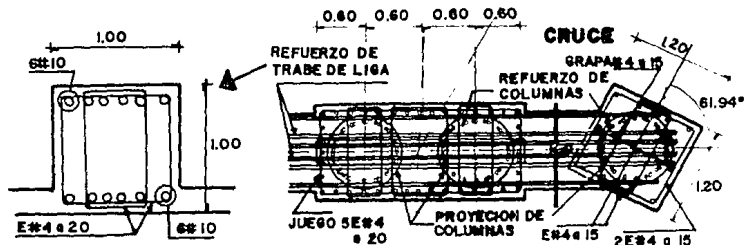
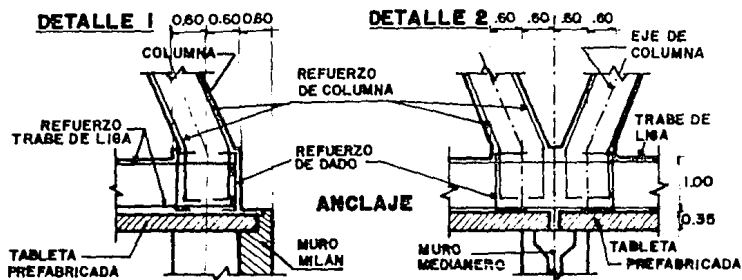


FIG.4.2



4.2 COLUMNAS.

Para soportar la Superestructura del Puente vehicular Sta. María Purísima, es necesario la construcción de columnas de carga. Estas están colocadas sobre los dados de desplante, en los cajones de cimentación CJ-2 y CJ-3.

Se ubican sobre los ejes de apoyo del Puente, 4 piezas por eje, y están dispuestas en esta forma: Dos columnas en los extremos y dos al centro (sobre el dado del muro medianero) formando una "V", esto sobre el mismo eje de apoyo, donde se hayan los dados de desplante. (Ver fig. 4.3).

Las columnas son de 2 tipos oblongas (C-1) y circulares(C-2) en corte transversal a su eje. Las columnas oblongas son más robustas, esto implica una mayor capacidad de carga, están ubicadas en los cajones centrales (apoyo 4-5, 6-7) que son los que libran los claros más grandes del puente, y son necesarias travesaños prefabricados más grandes.

En los apoyos 2-3 y 8-9 se construirán las columnas circulares.

Independientemente de su geometría y su altura, el proceso constructivo es el mismo, variando únicamente en las cantidades de acero, concreto y en las dimensiones y geometría de la cimbra.

Cabe mencionar que con el colado del dado de desplante y el moñón para dar el ángulo ya está ahogada la parte inicial de la columna, pero a continuación se verá de manera particular su construcción desde el firme de comprensión hasta el nivel donde será colado el capitel de concreto.

El procedimiento constructivo de las columnas comienza con el trazo y localización topográfica en el lugar de desplante.

UBICACION DE DESPLANTE DE COLUMNAS

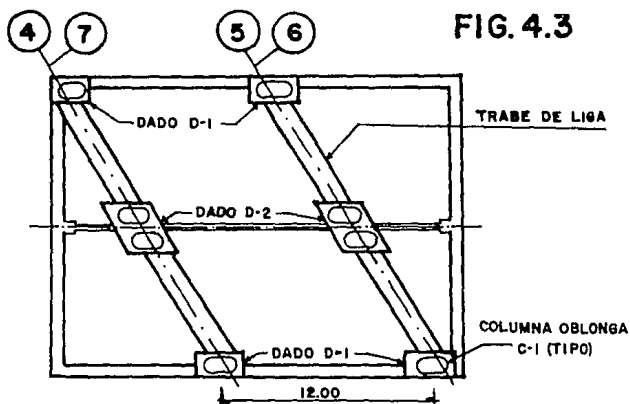
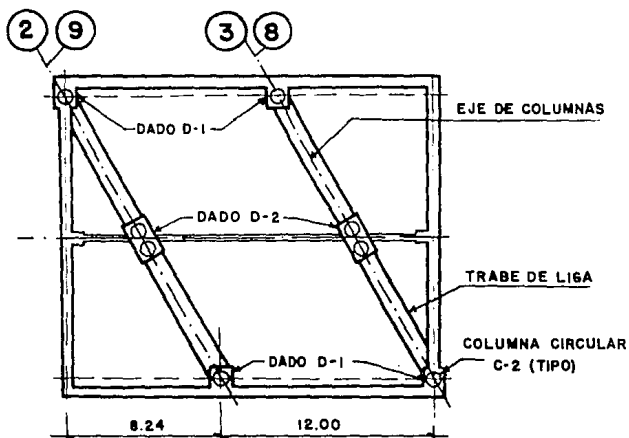


FIG. 4.3

Deberá estar presente la topografía en todo momento pues de las columnas depende totalmente el montaje de las traveses prefabricadas.

Las columnas presentan inclinaciones que analizaremos con detalle, implican una geometría que el proyectista define inicialmente, y la determina de acuerdo a lo siguiente:

La concepción del proyecto, define que la sección de la columna se tenga sin cambio tanto en el capitel, como en la cimentación: para ello se requiere una transición circular de liga entre dichos elementos, misma que está regida por el ángulo de doblez tabulado en la fig 4.4 de ahí con la bisectriz se establece el plano donde se inicia en la cimentación a partir del punto de giro del viaje de la columna, los dobles de acero; de la misma manera, en el punto de giro para la construcción del capitel y con la mediatriz marcada, se origina el plano de doblez de acero vertical conformante del capitel.

Para facilitar el acceso a los datos de desplante, en la fig 4.4 se han recopilado los niveles que servirán de apoyo para la construcción de columnas, complementándose con el plano de Proyecto de Perfil del Puente.

Los puntos de giro, de acuerdo a la fig. 4.5 están ubicados de acuerdo a la línea de esviaje en su intersección interna con los paños correspondientes de cada columna, en sus partes superior e inferior, a partir de esos puntos, se establece la inclinación de la columna desde su basamento hasta su parte superior.

Como ya se ha mencionado estos procesos constructivos están sustentados en los planos de la obra respectivos, dados por el proyectista.

Los centros de columnas en su base, los establecen los planos estructurales de columnas C-1, C-2 y Desplante de columnas C-1, C-2, asimismo, los centros de columnas en zona de capitel, están tabulados en el plano geométrico de localización y referenciación de columnas y estribos.

PUENTE VEHICULAR STA. MARIA PURISIMA

ELEVACIONES DE DESPLANTE DE COLUMNAS, TOPE DE COLADO Y CAPITEL DE COLUMNAS

EJE	DADO IZQ.	CAP. IZQ.	CAP. CEN IZQ.	DADO CEN. IZQ.	DADO CEN. DER.	CAP. CEN. DER.	CAP. DER.	DADO DER.
2	X32.600 - 4.559	□37.764 X37.159	□37.987 X37.382	X32.600 - 4.782	X32.600 - 4.976	□38.181 X37.576	□38.225 X37.620	X32.600 - 5.020
3	32.600 5.242	38.447 37.842	38.657 38.052	32.600 5.452	32.600 5.631	38.836 38.231	38.865 38.260	32.600 5.660
4	32.500 7.031	40.136 39.531	40.287 39.682	32.500 7.182	32.500 7.201	40.406 39.801	40.374 39.769	32.500 7.269
5	32.500 7.339	40.444 39.839	40.578 39.973	32.500 7.473	32.500 7.575	40.680 40.075	40.630 40.025	32.500 7.525
6	32.500 7.491	40.596 39.991	40.647 40.042	32.500 7.542	32.500 7.562	40.667 40.062	40.535 39.930	32.500 7.430
7	32.500 7.246	40.351 39.746	40.385 39.780	32.500 7.280	32.500 7.283	40.388 39.783	40.239 39.634	32.500 7.134
8	32.700 5.580	38.885 38.280	38.860 38.255	32.700 5.555	32.700 5.491	38.796 38.191	38.590 37.985	32.700 5.285
9	32.700 4.951	38.256 37.651	38.213 37.608	32.700 4.908	32.700 4.831	38.136 37.531	37.921 37.316	32.700 4.616

- ⊗ Desplante de columna (punto de giro de cimbra de columna).
- Tope de colado de columna (Incluye capitel).
- Punto de giro superior de columna en la parte baja del capitel.
- Altura libre entre desplante de columna y parte baja del capitel.

FIG. 4.4A

PUENTE VEHICULAR STA. MARIA PURISIMA

DIMENSION Y ANGULO DE DOBLEZ DE ACERO LONGITUDINAL DE COLUMNAS

EJE	COLUMNA IZQ.		COLUMNA CEN. IZQ.		COLUMNA CEN. DER.		COLUMNA. DER.	
	L		L		L		L	
2	4.741	157°30'46".7	4.955	158°32'10".1	5.142	159°21'15".2	5.185	159°31'52".5
3	5.400	160°22'49".9	5.604	161°07'19".4	5.778	161°42'41".9	5.806	161°48'13".4
4	7.134	165°16'31".9	7.282	165°34'59".0	7.400	165°48'59".6	7.368	165°45'16".2
5	7.437	165°53'22".3	7.569	166°08'27".6	7.670	166°19'35".4	7.621	166°14'10".3
6	7.587	166°10'26".7	7.637	166°16'01".3	7.657	166°18'11".3	7.527	166°03'40".6
7	7.345	165°42'34".5	7.379	165°46'33".2	7.382	165°46'54".2	7.235	165°29'12".1
8	5.728	161°32'50".7	5.704	161°27'57".0	5.641	161°15'13".3	5.442	160°32'13".3
9	5.118	159°15'08".2	5.077	159°04'28".5	5.002	158°44'55".5	4.795	157°47'00".8

FIG. 4.4

GIRO DE COLUMNAS

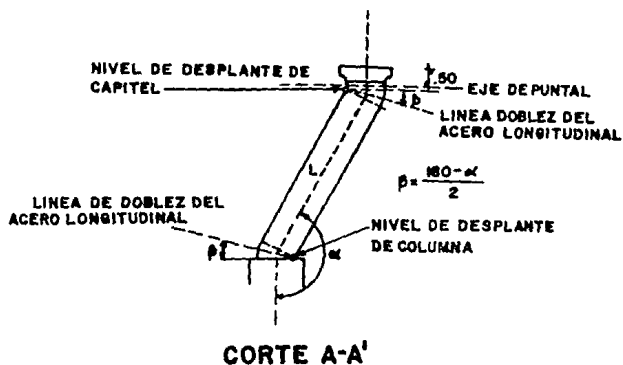
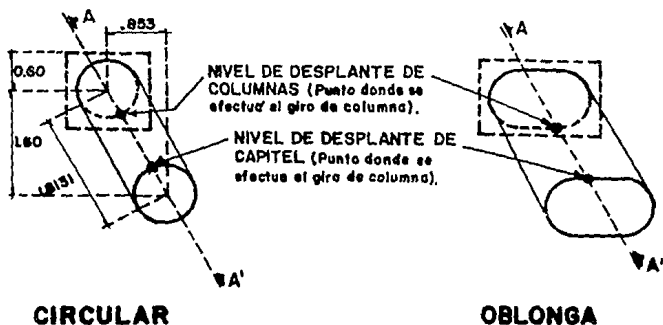


FIG. 4.5

Adicionalmente en la tabla de elevaciones de desplante, tope de colado y capitel de columnas (fig. 4.4), se detallan los niveles que servirán de apoyo para la construcción de columnas, complementandose con el plano de proyecto de perfil.

4.2.1 ACERO EN COLUMNAS.

Las columnas presentan dos inclinaciones de proyecto, una con respecto al eje del puente la otra con respecto al eje de apoyo, esta condición representa un grave problema para el despiece de acero longitudinal de las columnas, porque cada varilla tiene un ángulo de giro y dimensiones únicas.

El proceso constructivo para la habilitación y armado de acero en los dos tipos de columnas (circular y oblonga), son similares, pero a continuación describiremos al acero en cada una de ellas.

Columna Oblonga.- Se desplantan 40 varillas del No. 12 en su inicio, y en la parte cercana al capitel este número se eleva a 58 piezas. (fig.4.6).

Se colocarán juegos de estribos de varilla No. 4 a cada 15 cm.

Son seis estribos alineados en una sola sección que será perpendicular al eje de columnas. (fig.4.6)

Columna Circular.- El acero longitudinal lo compondrán 26 varillas de No. 12 en el desplante, y serán las mismas que terminarán rectas 205 cm arriba del capitel.

El estribaje de esta columna será un zuncho de varilla del No. 4 que envolverá las varillas longitudinales con un paso entre vuelta de 10 cm.

El detalle de anclaje de las varillas del No. 12 se observa en la fig. 4.2 y la geometría y distribución se indica en la fig. 4.7. El primer paso del procedimiento de habilitado y colocación de acero será plantear los despieces de las varillas del No. 12, y la supervisión evaluará y determinará si se procede a la habilitación. Se cortarán con equipo de corte con oxígeno y acetileno.

El doblado se recomienda usando un muerto de concreto colado en obra, en el estarán preparaciones de varilla ahogadas, sobresaliendo las puntas únicamente, y deben garantizar que son capaces de soportar la fuerza aplicada, ya que actúa en forma de palanca para hacer el doblado a las varillas longitudinales de la columna.

Una vez habilitadas y dobladas las varillas se colocarán pieza por pieza (previo trazo topográfico) en el lugar correspondiente, para este fin se habilitará una plantilla de acero, que no es otra cosa que varilla doblada de acuerdo a la geometría de la columna, en ella estarán marcadas las posiciones del acero longitudinal.

Se pondrán 2 plantillas, una al inicio y otra en el remate de columna, pudiendo existir una tercera al centro de la longitud para garantizar la correcta posición.

Cada pieza se sujetará en su desplante, amarrandola con alambre recocido, al acero de la trabe de liga ya colocada, y en sus partes superiores, debido a que son elementos muy largos y esbeltos, con torzales de alambre recocido a manera de contraventeo, sujetos a varillas ancladas en el terreno o en el mismo acero de las estructuras por colar en la losa tapa del cajón.

La longitud y el paso de las varillas del No. 12, hacen necesario el uso de una grúa hidráulica, para su izaje y colocación, debiendo tener en cuenta que para realizar la maniobra se necesitarán alrededor de 10 personas, para sujetar la varilla uniformemente con los torzales.

El acero de estribaje de la columna dará comienzo al concluir el fraguado del concreto del dado en desplante.

Con lo anterior se concluye la secuencia de las actividades para el armado de las columnas, quedando claro que son procesos que interactúan con los de la tapa del cajón de cimentación.

ACERO DE REFUERZO EN COLUMNAS (C-1 OBLONGAS)

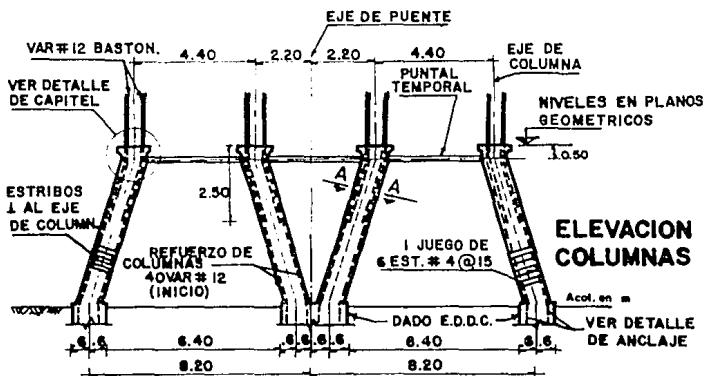
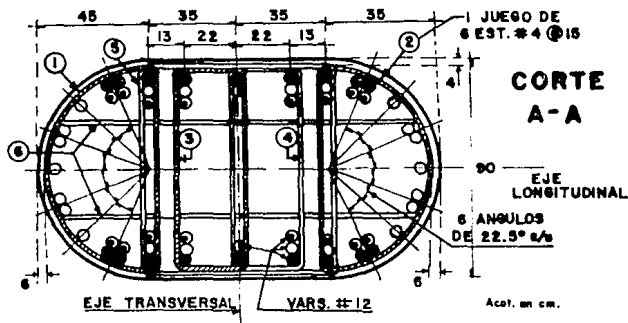


FIG. 4.6



- VARILLAS QUE VAN DE CIMENTACION A CAPITEL, REMATANDO RECTAS 205 cm ARRIBA DEL CAPITEL.
- VARILLAS QUE VAN DE CIMENTACION A CAPITEL, REMATANDO RECTAS 20 cm ABAJO DEL CAPITEL.
- ①-VARILLAS QUE INICIAN 250 cm ABAJO DEL CAPITEL, REMATANDO RECTAS 205 cm ARRIBA DEL CAPITEL.
- ②-VARILLAS QUE INICIAN 250 cm ABAJO DEL CAPITEL, REMATANDO RECTAS 245 cm ARRIBA DEL CAPITEL Y 15 cm DE ROSCA EN LA PARTE SUPERIOR.

ACERO DE REFUERZO EN COLUMNAS (C-2 CIRCULARES)

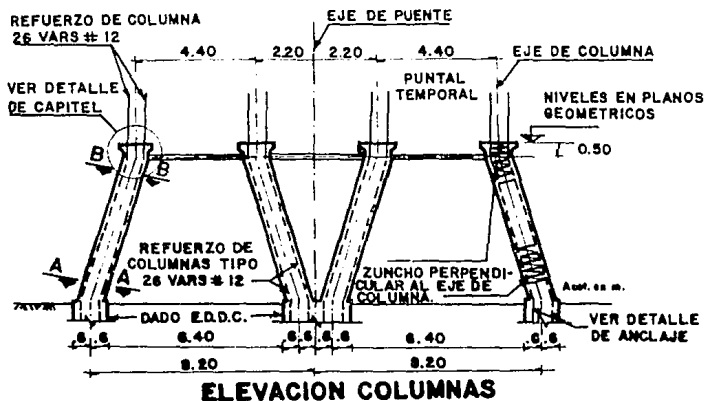
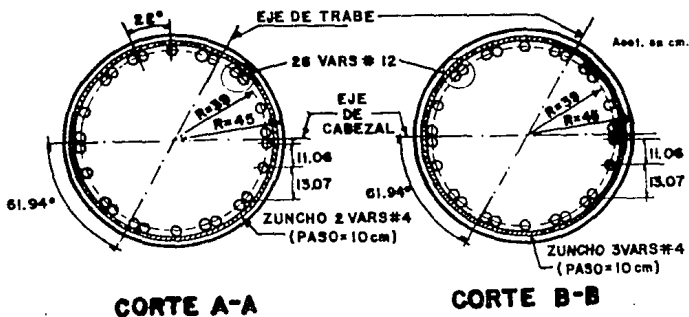


FIG. 4.7



4.2.2

CIMBRA EN COLUMNAS.

La diferencia de geometrías entre las columnas C-1, oblongas y C-2, circulares, solo altera el procedimiento de la cimbra en su dimensionamiento.

Partimos de que se necesita un molde que resista el peso del concreto fresco y asimismo le proporcione a este la forma y la textura de acabado requerida en especificaciones, a las columnas por colar.

El material empleado para la fabricación de la cimbra será lámina de acero de 1/4 de pulgada, confinada en una estructura metálica fabricada con ángulo de 2 pulgadas.

Se requiere que los moldes tengan la forma exacta de la columna, teniendo en cuenta que sean versátiles para su colocación y retiro.

Para las columnas C-1 se recomienda que el molde sea de 4 piezas, 2 para la parte recta y 2 para el medio círculo que le da la forma oblonga.

Para las columnas C-2, los moldes serán de 2 piezas (la mitad de la circunferencia) a manera de canalón, troquelada con una estructura de ángulo de 2 pulgadas.

Para su fabricación, la lámina que formará los moldes, será rodada en un taller especializado, y montada posteriormente en la estructura envolvente a base de ángulo de acero, que su función principal es rigidizar el molde de lámina a manera de canalón.

El habilitado de la cimbra, debe ser por módulos, para facilitar su colocación y controlar la longitud de la columna. Existiendo además ajustes de cimbra para dar el ángulo de

quebre que existe en la parte superior de la columna, antes del inicio del capitel, (Ver el despiece de este detalle en la fig 4.8).

Todos los módulos de cimbra tendrán una ceja de placa de 1/2 pulgada; barrenada a cada 15 cm, esto con el fin de unirlos con tornillos, y formar un molde según se requiera.

Todos los elementos de acero estarán soldados con planta eléctrica.

Cuando el acero de refuerzo este listo, se podrá colocar la cimbra, debidamente engrasada para evitar que se pegue al concreto. Para su colocación es necesario el uso de una grúa hidráulica, que estará presente en toda la manobra, colocación de moldes, tornillería de unión, troquelamiento y alineación.

El troquelamiento y apuntalamiento es vital, pues es necesario garantizar que el elemento no sufra desplazamiento al momento del colado, además como se pretende descimbrar lo más pronto posible, se colocará un puntal donde las columnas sean convergentes. (Ver Fig 4.9).

El troquelamiento de la columna podrá realizarse con elementos de madera, como polines, vigas, etc; siempre con la precaución de ser asentadas en apoyos confiables y fijos.

Debido a la inclinación que presentan, el proyecto indica un apuntalamiento en la parte superior de las columnas, para ello se colocará el accesorio correspondiente antes de afectar el colado, este puntal es de tubo de acero de 5 pulgadas de diámetro y cédula No. 40.

Su colocación es posterior al colado sin haber quitado el apuntalamiento de madera vertical.

El descimbrado se realizará al alcanzar el concreto el 30% de su resistencia total, y sólo se podrá realizar si ya ha sido puesto el puntal transversal entre columnas, (Ver fig. 4.9).

Por otra parte la alineación de la cimbra será cuidadosamente revisada por medios topográficos.

Las labores de descimbrado implican sumo cuidado para evitar despostillamientos o rayaduras en el concreto, usando grúa hidráulica para este fin.

DETALLE DE CIMBRA PARA COLADO ADICIONAL ENTRE COLUMNA Y CAPITEL

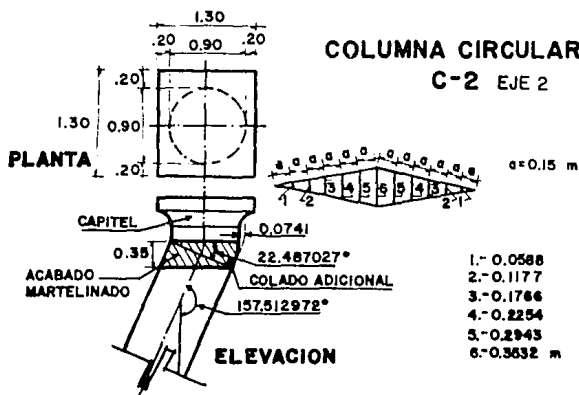
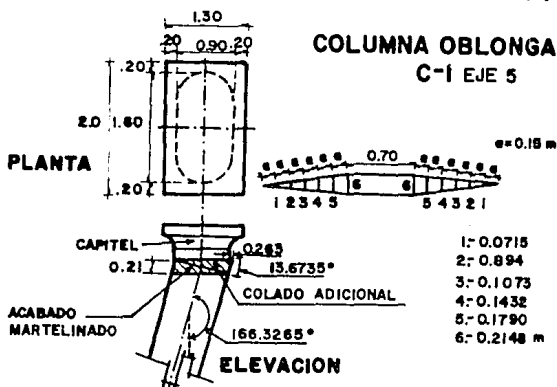
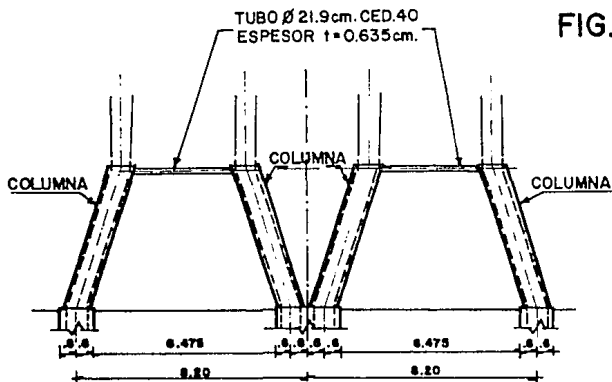


FIG. 4.8

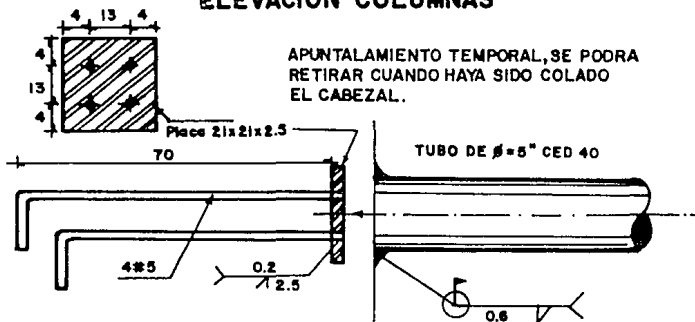


ELEMENTOS DE ACERO PARA APUNTALAMIENTO DE COLUMNAS

FIG. 4.9



ELEVACION COLUMNAS



APUNTALAMIENTO TEMPORAL, SE PODRA RETIRAR CUANDO HAYA SIDO COLADO EL CABEZAL.

ACCESORIO PARA FIJACION DE PUNTAL

4.2.3 CONCRETO EN COLUMNAS.

Para la fabricación de columnas se utiliza concreto premezclado con una resistencia de 300 kg/cm², con revenimiento de 12 cm, con un aditivo fluidizante que podrá elevar el revenimiento a 18 cm \pm 3 cm, esto por la densidad de acero que dificulta la penetración del concreto uniformemente.

Como el concreto viene de planta ya listo, aquí describiremos su vaciado.

Debido a la altura del elemento y al gran estribaje se hace incomodo el vibrado, para esto es necesario dotar a por lo menos 2 vibradores con un chicote flexible más largo, que pueda llegar a las partes más bajas de la columna; y se reforzará al vibrado con uno de pared, con el fin de evitar oquedades en el concreto.

El vaciado se realiza a través de una bomba telescópica con una manguera flexible, que permita su introducción a la columna, hasta una altura tal que el concreto no azote a más de 1.50 m.

La bomba previamente instalada y la preparación del concreto viejo (moñon humedecido) con ADECON, son necesarios para iniciar el colado.

Se colocan la manguera y los vibradores, dejando caer el concreto en capas de 30 cm, dando lapsos libres entre capa y capa para efectuar el vibrado..

Conforme la altura de concreto crece, la manguera tendrá que ir subiendo gradualmente hasta concluir el colado en el nivel donde arrancará el capitel.

Cuando el concreto alcance la resistencia requerida, se podrá descimbrar, procediendo al curado con CURACRETO o similar.

Se propone el retiro de la cimbra en columnas a una resistencia menor a la especificada (80% de f_c) se menciona que el proyectista debe realizar un análisis de la consecuencia de descimbrar al 30% de la capacidad del concreto (90 kg/cm²), se deberá obtener que los esfuerzos que se presenten no causarán daños permanentes a la columna. Las deformaciones deberán limitarse de forma inmediata al descimbrado mediante los puntales temporales ubicados en su parte superior.

Lo anterior será revisado en condiciones teóricas de comportamiento bajo los criterios establecidos y los elementos de análisis aceptados por la práctica de la ingeniería. Sin embargo existen incertidumbres en campo que no son previsibles en el análisis teórico como pueden ser la falta de homogeneidad en el concreto colado por varias ollas, la capacidad establecida por un cilindro que no siempre representa las características de la columna, el tener un elemento de concreto masivo que tiene comportamiento distinto en poco volumen y cuyas diferencias se encuentran perfectamente identificadas por la Literatura.

Debido a lo anterior se recomienda tener extremo cuidado, con el descimbrado de dichos elementos, que aún basados en el análisis teórico no deben representar problemas, pudieran presentarse sorpresas ya que queda poco margen en cuanto a posibles variaciones de concreto inherentes al proceso constructivo.

4.3 CAPITALES.

Las columnas están dotadas en su parte superior con un coronamiento de concreto armado que se integra a la columna como unidad estructural, a este elemento le llamaremos CAPITEL.

El capitel es el remate de la columna y pasa a través de él, el acero longitudinal de la columna. Su función es recibir y cargar la trabe prefabricada, y con su geometría de mensula (con una área mayor a la de la columna), concentra la carga en la columna y esta la transmite directamente a la cimentación.

Su armado consta de un estribaje con varilla del No. 6, dispuesto en forma transversal al eje de columna, con refuerzos de varilla verticales (del mismo número).

En la parte superior del capitel, donde se hará el contacto con el concreto de la trabe, se colocará un accesorio de ángulo de acero, que evitará que el concreto sufra deformaciones o fracturas causadas por el asentamiento de la trabe. El acero de refuerzo y las características del accesorio pueden verse gráficamente en las fig 4.10 y 4.11.

Las actividades referentes al acero, se comenzarán con la colocación del accesorio de ángulo de acero, fijándolo a las varillas longitudinales de la columna por medio de soldadura y pedazos de varilla. Para subir este accesorio con forma de marco, es necesario el auxilio de una grúa hidráulica, que lo depositará y sostendrá mientras es fijado con la soldadura. Para verificar su correcta alineación es necesario que con medios topográficos se marquen referencias (palomas de pintura) en la columna ya colada, de preferencia serán los ejes de apoyo y el eje paralelo al puente; servirán de guía para la colocación correcta; la altura será marcada en las varillas del No. 12 pertenecientes a la columna.

El accesorio de ángulo, debe habilitarse desde antes de ser subido para su colocación. El estribaje y acero faltante del capitel podrá ser colocado una vez checada la posición del accesorio de ángulo. Concluidos los trabajos referentes al acero se procederá a cimbrar el capitel.

La cimbra se recomienda que sea de fibra de vidrio por que combina resistencia y un peso ligero comparado con el acero. Se construirá un muerto de concreto simple y de baja

resistencia, con las dimensiones y geometría exacta para fabricar el molde definitivo del capitel.

Para hacer el muerto, se cuela una losa con el espesor de la ménsula del capitel, en ella se colocará otro elemento de concreto simple con forma oblonga o circular según sea el caso, dando como resultado una "T".

La forma redondeada en los ángulos interiores en esta "T" se lograrán untando concreto en esta junta a manera de arco, verificando su geometría con un escantillón circular de madera; dándole un acabado fino pulido a todo el elemento.

Listo el muerto de concreto simple, este será cubierto en capas por láminas de asbesto y pegamento especial para fibra de vidrio, hasta alcanzar un espesor de 2.5 cm aproximadamente.

Los moldes de capitel constarán de 2 partes simétricas una de la otra, y la línea de corte será de esquina a esquina, en forma diagonal, vista en planta; esto se logrará poniendo una lámina de acero al momento de la colocación de la fibra de vidrio fresca. En esa división se dará forma a una ceja de aproximadamente 4 cm de ancho, que posteriormente se barrenará. La ceja servirá para unir las dos partes de la cimbra con tornillos y tuercas. Terminando de darle el espesor, esperamos el tiempo necesario para que el material adquiera su resistencia y así sacar el molde listo.

La colocación pueden realizarla 2 personas, con equipo de andamiaje, colocando la mitad del molde para empatarlo al nivel del accesorio de ángulo; lo sostienen mientras es colocada la otra parte del molde, las cejas se unen y se sujetan con tornillos y tuercas, para troquelar se zuncha con alambra y tocones de madera.

Ya colocada la cimbra debe chequearse topográficamente el capitel, altura, nivelación y alineación con respecto al eje de apoyo.

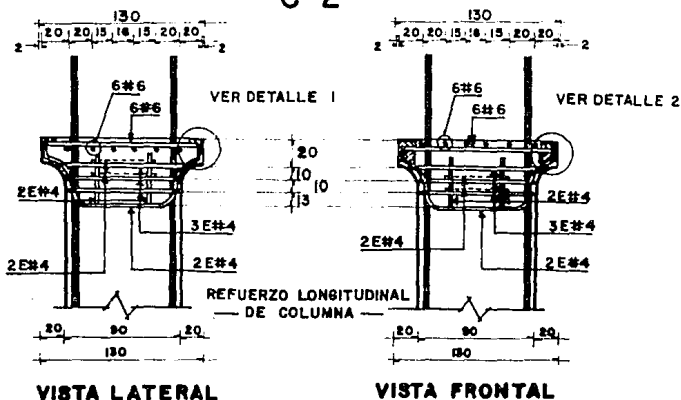
Para el colado el concreto donde se unirá la columna y el capitel, será humedecido con 6 horas de anticipación, manteniendolo saturado, y al momento de la colocación del concreto se aplicará pegamento (ADECON) para garantizar una mejor unión entre concretos.

El concreto del capitel será de una resistencia de 300 kg/cm², con revenimiento de 12 cm, y al momento del vaciado no permanecerá más de 1.5 horas sin colocar a partir de agregarle agua.

El vaciado podrá hacerse con andamios y subiendo el concreto con botes alcoholeros, sin que surjan demoras o contaminación de material.

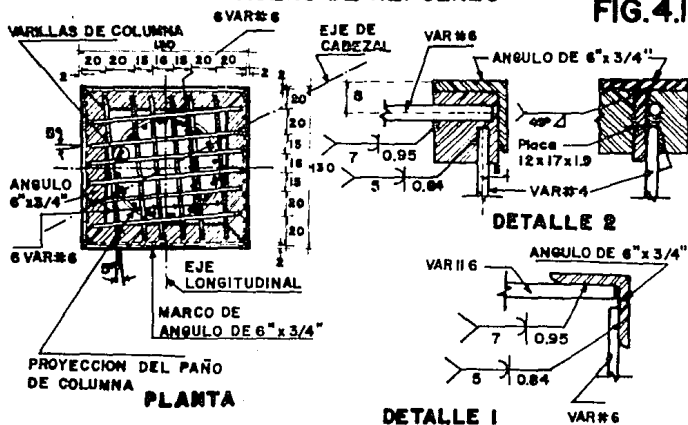
ARMADO DE CAPITEL (COLUMNA CIRCULAR)

C-2



ACERO DE REFUERZO

FIG.4.II



4.4 CABEZALES.

Las traveses prefabricadas al montarse en su respectivo capitel, lo hacen de tal manera que el acero de refuerzo longitudinal penetre en el hueco que se ha dejado en la trabe para permitir la conexión de concreto armado trabe-columna-firme de compresión.

Esta integración de elementos estructurales se hace por medio del CABEZAL de concreto armado, que es una trabe transversal al eje de puente, paralela y sobre el eje de apoyo en columnas.

Cuando el cabezal es colado funciona principalmente para evitar desplazamientos en las columnas, que pudieran repercutir en problemas para la superestructura. La geometría de las columnas (Inclinadas) requiere de un apoyo sólido que evite fracturas, al ser sometidas a cargas de trabajo.

Las columnas centrales tienden a abrirse, y las de los extremos tienden a caer al centro del eje; por esta razón se apuntaló la parte superior con tubería de acero como se vio en la fabricación de columnas, y solo se podrá retirar el apuntalamiento hasta que sea colado el cabezal correspondiente, y su concreto alcance la resistencia estipulada en planos.

El cabezal funciona como una viga madrina que une estructuralmente a las columnas con la superestructura. Esta viga de concreto armado, también distribuye en los apoyos las cargas originadas por peso propio de los prefabricados y sus cargas de trabajo.

El cabezal se ubica en la parte superior de las columnas, sin descansar en el capitel directamente, y cruza el patín de las traveses con acero y concreto.

Existen 2 tipos de cabezales: los que corresponden a los apoyos que tienen las columnas oblongas que denominaremos Cabezal CB-1 y los ubicados sobre columnas circulares, que serán Cabezales CB-2.

La diferencia entre los dos tipos de cabezal, son principalmente de geometrías, pues deben ser de un peralte similar al de la trabe prefabricada; y estas presentan variaciones según su ubicación; (ver fig. 4.12 y 5.1) siendo los cabezales CB-1 de mayor altura, sólo presentando variaciones en la posición de varillas y en la cantidad de concreto.

La diferencia en la posición de acero en el cabezal se debe a la ubicación que guardan las varillas del No. 12, longitudinales que sobresalen de las columnas, y esto sólo se ve afectado en el lecho bajo del cabezal.

En cuanto a geometría se refiere únicamente variará en el peralte del cabezal y el ancho será constante en los dos casos.

En general se han presentado las características físicas y de funcionamiento de los cabezales, ahora se hará referencia a los trabajos necesarios para su fabricación, así como una secuencia de los mismos; resaltando en todo momento que las características de los materiales, formas y geometrías están totalmente ubicadas en los planos respectivos.

4.4.1 Cimbra en Cabezales.

El procedimiento constructivo de los cabezales podrá iniciarse una vez que se ha extraído la trabe prefabricada del molde de colado. Comenzaremos por la cimbra, que forma parte de la trabe, y esta ubicada bajo los huecos que se han dejado para el habilitado y colocación de concreto del cabezal. Siguiendo el eje de apoyo como centro, construiremos un cajón de concreto armado, con preparaciones para unirse con la trabe contigua; este cajón constituye la cimbra del futuro cabezal.

Con previo trazo topográfico, se marca la zona donde empotra la cimbra del cabezal, inmediatamente se procede a ranurar la trabe para descubrir el acero de refuerzo en esa zona.

Se habilita el acero del cajón, que consta de 2 parrillas de varilla de 3/4" para cada muro y el lecho bajo.

El cajón tiene forma de "U" y este envuelve al cabezal en el total de su longitud (ver fig. 4.15).

El armado del lecho bajo de la "U" es el primero en ser integrado y unido al acero de la trabe, dejando las preparaciones de varillas para los costados. Antes de su colocación se colará un firme de concreto simple, y pulido fino para garantizar la textura del lecho bajo. Se colocan fronteras aparentes y se realiza el colado.

Después se continúa el armado del acero en los costados, son cimbrados con triplay de 9mm en la parte exterior, ya que tendrá un acabado aparente, y solo cimbra de hoja de madera en buen estado puede considerar esto económicamente. La cimbra tendrá pasos para concreto fresco en su parte superior, donde el concreto será unido al alero de la trabe.

Lista la cimbra se cuelan los costados del cajón, el concreto es fabricado con agregado máximo 1/2", revenimiento 10 cm, y aditivo fluidizante que lo eleva a 18 cm.

El agregado se recomienda que sea granzón de andesita, para formar un concreto muy trabajable, que permita la penetración absoluta entre el armado, además de evitar oquedades.

La compactación será con un vibrador de contacto. De esta forma, sólo queda descimbrar y curar el concreto por medio de curaconcreto (o similar), el cajón para cimbra de cabezales, será detallado en el exterior, con mortero fino, y

algún adhesivo de concreto, para estar totalmente terminado en la trabe prefabricada.

4.4.2 ACERO EN CABEZALES.

La disposición del acero, en el cabezal, consta de dos lechos de varilla longitudinal del No. 2.

La cama inferior cuenta con 6 piezas y la superior con 8, su colocación es paralela al eje de apoyo y están unidas con un juego de 2 estribos del No. 4 a cada 20 cm, como se indica en la fig 4.15. En el costado largo del estribo mayor se ubican transversalmente varillas del No. 4 a cada 20 cm.

El habilitado de acero se hace fuera del cajón cimbra teniendo los elementos listos para su colocación.

El armado se realiza en el cajón, y la labor resulta lenta y difícil por el poco espacio que hay en los huecos de la trabe y el ancho del cajón cimbra.

Primeramente las varillas del No. 12 pertenecientes al lecho bajo serán colocadas atravesando los ductos que se han dejado en las trabes para este fin, introduciéndolas por la preparación que está en el costado externo de la trabe con pretil pecho de paloma.

Cabe mencionar que el lecho superior no tiene salida en esas trabes, y se requiere colocar las varillas en dos o tres secciones, uniendo las por bulbos de soldadura, no debiendo presentarse bulbos (30%) en un mismo plano. Para esto es necesario colocar 2 o 3 piezas del estribaje que servirán como plantilla para soportar este refuerzo longitudinal.

El acero faltante de estribos, longitudinal del No. 4, estribos en los huecos de conexión, serán armados en forma continua, hasta completar la totalidad del armado.

En el hueco donde han penetrado las varillas longitudinales de la columna también lleva un estribaje de acuerdo a la geometría de la preparación.

Es ahí donde se formará la conexión trabe-columna-cabecal-firme de comprensión, y en la parte superior de las varillas de la columna se rematará con un accesorio de acero.

Para fabricar las piezas del accesorio se usara placa de 19 mm de espesor, en ella se trazará la forma de accesorio y sus espacios para recibir las varillas de No. 12, serán cortadas con oxígeno y acetileno, haciendo los ajustes necesarios al momento de su colocación. Las placas son atravesadas por las varillas y cortadas al mismo ras, finalizando con la aplicación de soldadura con planta eléctrica.

Para cubrir el hueco existente en la parte exterior de las trabes con pretil se utilizará el accesorio No. 2 de la figura 4.15.

4.4.3 CONCRETO EN CABEZALES.

El concreto en cabezales será de una resistencia $F'c = 300$ kg/cm², revenimiento de 12 cm con fluidizante, agregado de 3/4 pulg, además se recomienda que sea concreto premezclado y con un estabilizador de volumen.

El proceso para su vaciado será con el fin de unirse monolíticamente con el concreto del firme de comprensión, esto quiere decir que el colado de cabecal será continuo con el firme de comprensión no dejando juntas frías entre estos dos elementos.

Como los cabezales están sobre las traves de apoyo y es completamente necesario que ya estén ligadas para el montaje de las traves centrales, no habrá acceso a los camiones con mezcladora para depositar el concreto, esto implica la necesidad de realizar la colocación del concreto por medio de una bomba telescópica.

Todas las zonas de las traves que vayan a entrar en contacto con el nuevo concreto serán picadas con cincel y maceta para lograr una superficie con características de rugosidad que mejoren la adherencia del concreto.

Todo el concreto viejo deberá humedecerse 8 horas antes, incluyendo la cimbra, y unos minutos antes de comenzar el vaciado se procederá a aplicar un adhesivo que puede ser ADECON, FESTERBOND o alguna sustancia similar.

La caída del concreto no excederá una altura de 1.60 m. y el concreto será puesto en capas de 30 cm. aproximadamente habiendo lapsos entre capa y capa para efectuar la compactación con vibradores eléctricos o de gasolina.

Cabe la observación de que los espacios entre cajones de cimbra serán cubiertos con hojas de triplay, siempre garantizando la calidad de acabado final del concreto.

CABEZAL DE CONCRETO ARMADO

HUECOS EN TRABES

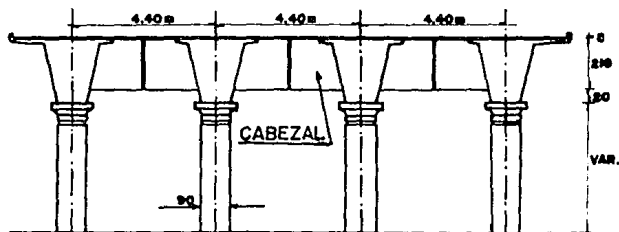
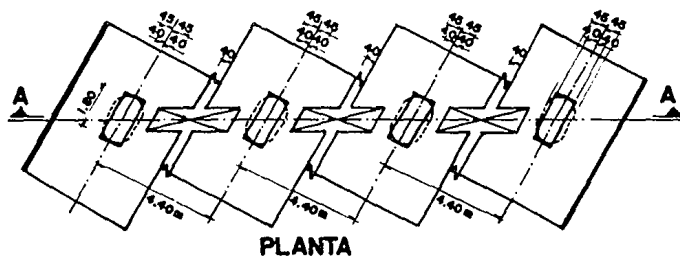
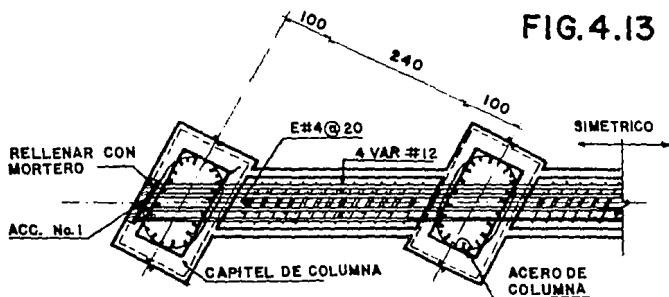


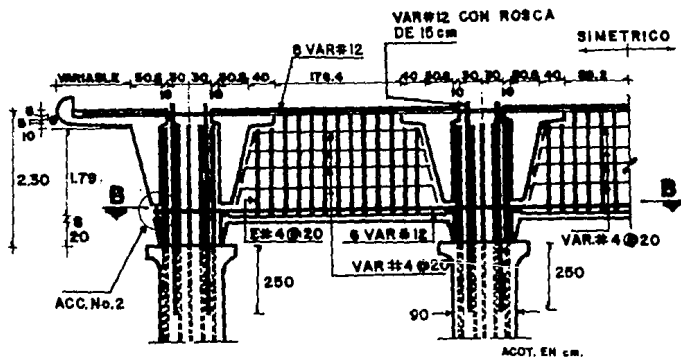
FIG. 4.12

ACERO DE REFUERZO EN CABEZAL CB-1

FIG. 4.13



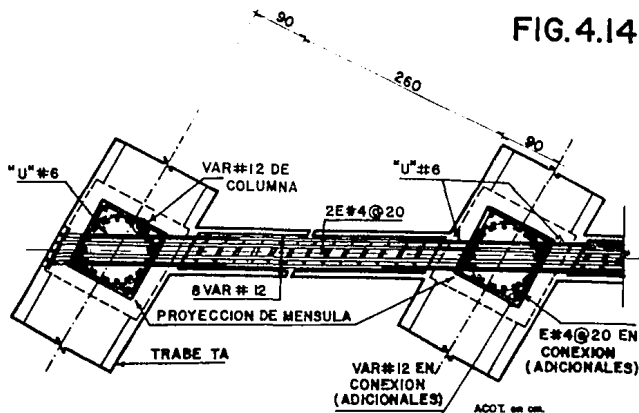
CORTE B-B



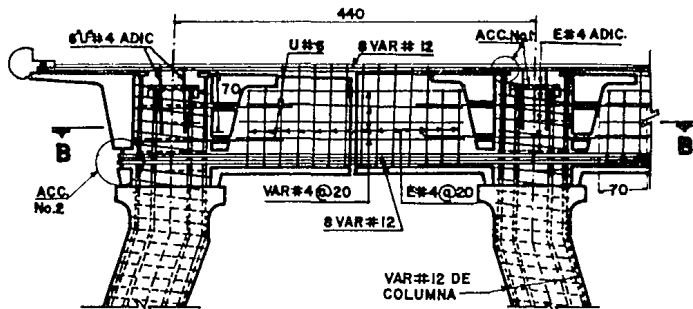
CORTE A-A

ACERO DE REFUERZO EN CABEZAL CB-2

FIG. 4.14

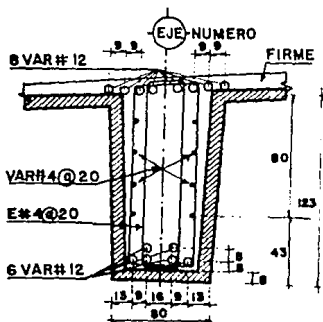


CORTE B - B

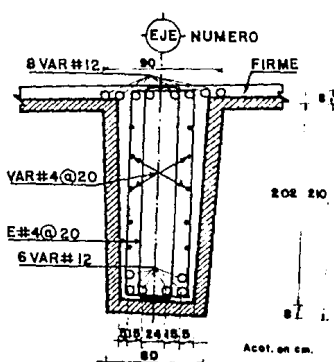


CORTE A - A

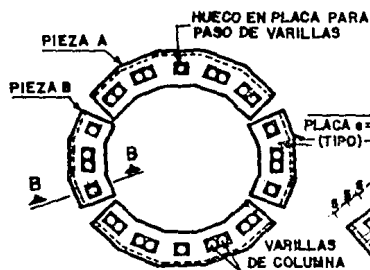
(ACERO) CORTE TRANSVERSAL DE CABEZAL



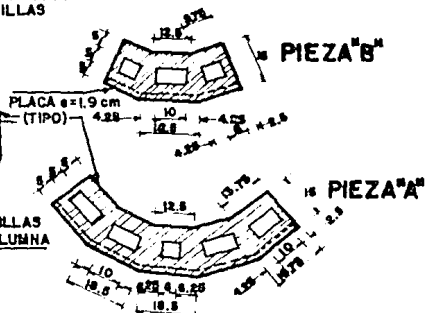
CABEZAL CB-2
(COLUMNA CIRCULAR)



CABEZAL CB-1
(COLUMNA OBLONGA)



ACCESORIO No.1



ACCESORIO No.2

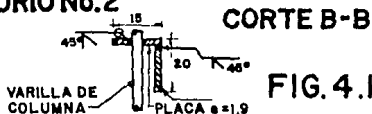
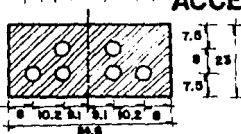
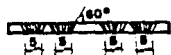


FIG. 4.15

4.5 DIAGRAMAS METALICOS.

Posterior al colado de cabezales se colocan los diafragmas metálicos que son estructuras de tubería de acero con diámetro de 4 pulgadas y cédula 40.

Su forma consiste en un tubo horizontal fijado en la parte inferior en los costados de las traveses prefabricadas. Salen dos tubos de las partes superiores en la traveses por unir y convergen al centro del tubo horizontal en forma de "V". La unión de los tubos se realiza con soldadura eléctrica y el punto de unión es reforzado con 1/2 caña de placa rolada, con espesor de 0.5 cm., cédula 40 fijada en todo su borde con soldadura.

El diafragma metálico es una estructura situada entre dos traveses y sirve para evitar movimientos de volteo de las mismas, ocasionado por cargas de trabajo. Están distribuidos en los claros entre cabezales, se podría decir que rigidizan la posición de las traveses.

Las preparaciones para unirlos a las traveses han sido habilitadas y posicionadas en la elaboración del prefabricado, estas preparaciones principalmente son: placas metálicas fijadas al concreto preesforzado y resultan visibles en los costados de la traveses es ahí donde se unirán con el diafragma metálico.

Su proceso constructivo es el siguiente:

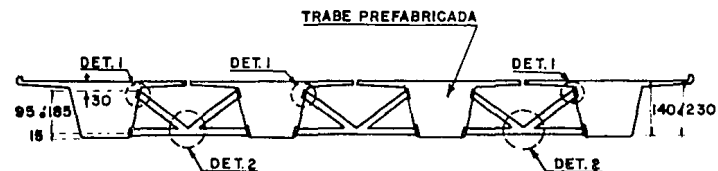
- a) Se habilitará la tubería horizontal cortándola con oxígeno y acetileno.
- b) Se pondrá donde corresponde, punteándola únicamente sobre el accesorio de placa metálica en traveses.
- c) Tomando medidas en campo se habilitarán los dos tramos de tubo inclinados y se unirán a la 1/2 caña sobre el tubo horizontal y a las preparaciones de placa por medio de puntos de soldadura.
- d) Se checa que el diafragma sea lo más perpendicular posible el eje de trazo del puente.

- e) Ubicado correctamente el elemento de tubo, se lleva a cabo la etapa final de soldadura que consiste en asegurar las uniones de acuerdo a lo establecido en los planos.

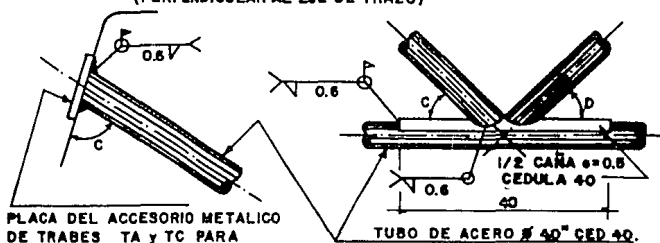
Todas las características anteriores pueden apreciarse mejor en la fig 4.16.

DIAFRAGMA METALICO

FIG. 4.16



CORTE
(PERPENDICULAR AL EJE DE TRAZO)



PLACA DEL ACCESORIO METALICO
DE TRABES TA y TC PARA
FIJAR DIAFRAGMA. (VER PLANOS
DE PREFABRICADOS).

DETALLE 2

DETALLE 1

NOTA:

LOS VALORES DE LOS ANGULOS Y LONGITUDES DE LOS ELEMENTOS DE LOS DIAFRAGMA TIENDEN A VARIAR (DEBIDO A DIVERSOS FACTORES COMO SON: IRREGULARIDADES EN LAS CIMBRAS DE LAS TRABES DURANTE SU FABRICACION, COLOCACION INEXACTA DE LAS TRABES EN SU MONTAJE, ETC.). POR LO TANTO, SE FABRICARAN LOS DIAFRAGMAS CON LAS MEDIDAS TOMADAS EN OBRA, POSTERIOR AL MONTAJE DE TRABES.

4.6 MUROS ESTRIBO

Los Muros Estribo son estructuras de concreto armado, cuya función es como contención del terraplén y pavimento en las rampas de acceso vehicular, además de que son los apoyos de principio y fin de la Superestructura Prefabricada.

A partir de los Muros Estribo las traveses prefabricadas se despegan del apoyo continuo sobre terreno firme, y subsecuentemente sobre el eje de trazo, salvará los claros por medio de apoyos en columnas de carga C-1 y C-2 volviendo a caer en el segundo Muro Estribo, para integrar la pista de rodamiento elevada (sobre puente) al nivel de pavimento sobre terreno natural (ver fig.4.17).

Cinco pilas de carga integradas monolítica y estructuralmente al muro, le dan la categoría de apoyo de carga, y le dan al estribo una geometría adecuada para que descansen las traveses prefabricadas; de tal manera también se colocan varillas con rosca y neoprenos para igualar las condiciones de montaje sobre traveses TA (ver fig. 4.18).

Los muros de contención se unen al muro estribo formando una unidad estructural de contención.

El Muro Estribo se desplanta sobre las tabletas en los ejes 1 y 10, para los dos estribos respectivamente y forma parte también del firme de compresión que funciona como losa tapa en cajones de dichos apoyos.

Su posición es sobre el eje de apoyo que es oblicuo al eje de puentes, encontrando en su cimentación 2 dados que soportan y transmiten toda la carga a la losa de fondo.

También se incluyen en el armado 2 traveses a lo largo del muro estribo una en su desplante y una superior en su

terminación con el fin de soportar los esfuerzos producidos por las cargas de trabajo.

El procedimiento constructivo contempla acero, cimbra y concreto, a continuación se da el panorama a seguir para la realización de esta estructura.

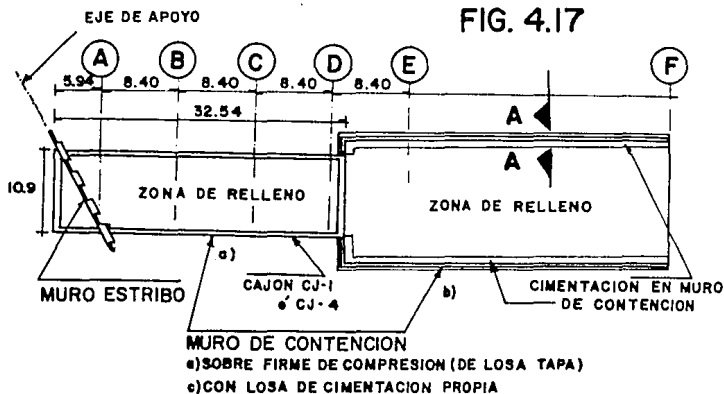
- a) Colocadas las tabletas prefabricadas de la losa tapa en el cajón correspondiente se procede al habilitado del acero en el muro estribo, y se comienza el armado de la trabe inferior, y el acero vertical.
- b) Se arma el firme de compresión cruzando su acero con el del muro.
- c) Se cuela la parte baja y el firme de compresión.
- d) Se arman las pilas con el acero estipulado en planos.
- e) Se coloca el acero de refuerzo transversal dejando preparaciones que se unirán con los muros de contención.
- f) Se cimbra hasta el tope de pila, con triplay en buenas condiciones, puesto que el acabado es aparente en su parte exterior.
- g) Se realiza el colado, para dejar formada la base donde asientan las trabes prefabricadas, el concreto es de 300 kg/cm², revenimiento 12 cm, agregado máximo de 3/4 de pulgadas, debiendo ser premezclado.
- h) A continuación se cimbra la saliente de la trabe superior.
- i) El armado de la trabe superior, es realizado detallando todo el acero en general.
- j) Vaciado de concreto previa colocación de cimbra, hasta el nivel de terminación.

En general éstas son las actividades más relevantes para la construcción del muro estribo, haciendo todas las consideraciones sobre las características de los materiales y geometrías contenidos en los planos de proyecto.

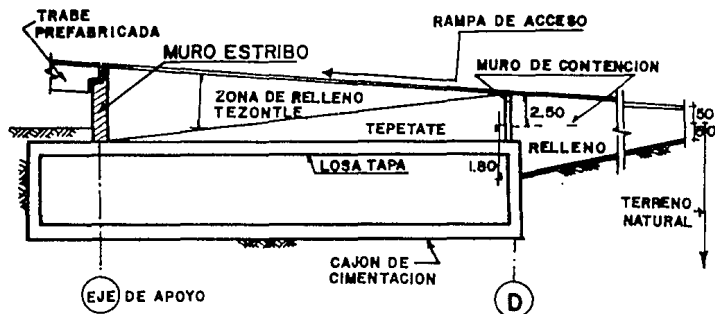
Los trabajos serán ejecutados bajo una estricta revisión topográfica, que se encargara de dar el trazo y checar los elementos antes de ser colados.

MURO ESTRIBO Y MUROS DE CONTENCION

FIG. 4.17

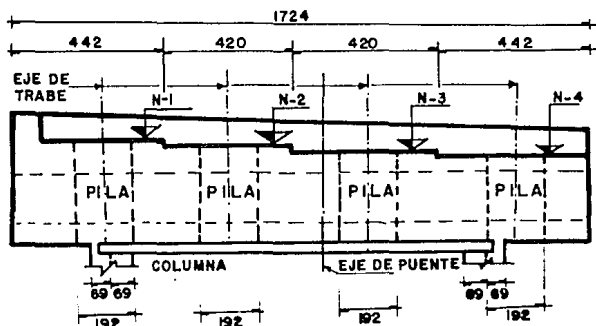


PLANTA

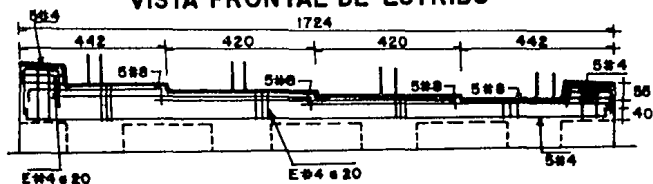


ELEVACION

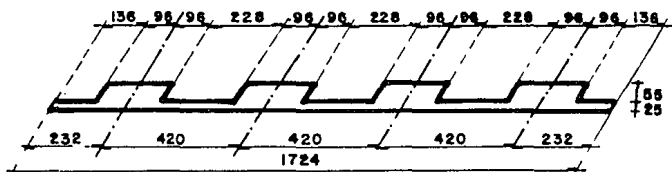
MURO ESTRIBO



VISTA FRONTAL DE ESTRIBO



REFUERZO EN TRABE SUPERIOR



PLANTA CON ESVAJE REAL

FIG. 4.18

4.7 MUROS DE CONTENCIÓN.

La rampa de acceso da principio en el eje de muro estribo, y con una pendiente desciende hasta encontrar el pavimento que se encuentra a nivel de calle en esa zona. Para lograr este ingreso al puente, se necesita colocar un terraplén aligerado con tezontle y tepetate compactado, conformando gradualmente la rampa.

Los Muros de contención son la estructura de concreto armado que tiene como finalidad el confinamiento y contención del material que integra el terraplén aligerado que forma la rampa de acceso, además en la parte superior soporta el parapeto de concreto y metálico.

Se encuentra estructuralmente unido al muro estribo, formando un cajón abierto, y las paredes laterales (que en este caso son los muros de contención), están separados por una distancia igual al ancho del cajón de cimentación CJ-1 o CJ-4, pues el desplante se hace a partir del firme de comprensión de la losa tapa y sobre el eje paralelo al puente sobre el muro milán. Cuando termina el cajón de cimentación, hacia el ascenso o descenso al puente, el muro de contención sufre un quiebre a 90°, que permite aumentar la distancia entre muro y muro y dar cabida al número de carriles que el puente tiene en su diseño (ver fig. 4.17). La zona del cajón, requiere de tabletas prefabricadas para igualar el ancho de pista de rodamiento con la superestructura y el acceso al puente.

En la zona donde se ubica el cajón, el muro de contención se aclarará con su acero de refuerzo al firme de comprensión, mientras que a partir de donde termina el cajón, el muro contará con una losa de cimentación dándole forma de zapata corrida (ver fig. 4.19).

La parte superior del muro de contención además de rematar con el parapeto de concreto, y cuando ya ha sido colocado el terraplén aligerado, lleva anclado el acero de un

firme estructural que sirve para formar la pista de rodamiento, sobre el cual asentará el pavimento.

Las dimensiones de altura y ancho de la base del muro, varían de acuerdo a su ubicación, y es por que son las caras laterales del plano inclinado que forma la rampa. La base se reduce a medida que desciende su altura, debido a que el peso del material va disminuyendo gradualmente.

PROCESO CONSTRUCTIVO.

Se inician las actividades con la nivelación y compactación del terreno donde se ubicará la base del muro. A continuación se procede al habilitado y armado de acero de la base, integrando en esta etapa el acero vertical.

Listos al armado y las preparaciones de acero para continuar subsecuentemente el armado vertical del muro, se encachetan con madera los costados de la losa de desplante, verificando los espesores de recubrimiento.

Con medios topográficos se ha trazado previamente la ubicación de muro; en esta etapa es necesario corroborar la perfecta posición del elemento por colar.

Es indispensable que la superficie donde se pondrá el concreto sea humedecida y este libre de basura, entonces puede efectuarse el vaciado de concreto; si fuera necesario se utilizará un canalón para evitar una caída de más de 1.50 m. de altura. Cuando el concreto comience a fraguar se dará inicio al curado, se podrá hacer con una sustancia química como curacreto o similar. Todos los cortes deberán ser a 45° grados; y se lograrán con pequeñas tablas de madera, perfectamente engrasadas.

La parte que forma en si el muro, puede ya proceder con su armado faltante, y ser cimbrada inmediatamente, cuando el

concreto de la base lo permita. Se cimbra con tarimas de triplay completas y serán troqueladas con polines amarrados por los dos lados del muro, unidos con alambres, atravesando el triplay por pequeñas perforaciones. Toda la cimbra es contraventeada con polines, apoyados al terreno natural, y recargados en la cimbra. Los cortes pueden ser con polines y madera a 45° de inclinación.

Previo a la realización del colado se hace el chequeo de alineación y altura con topografía, se aplica un adhesivo de concreto en la zona donde se une con la base, se calza el armado y se dejan todas las preparaciones de acero necesarias según proyecto.

Tanto en la base como en el muro, el vibrado es indispensable y se realizara con un vibrador de chicote preferentemente eléctrico. La colocación de concreto puede ser con olla y canalón donde la altura lo permita, y con bomba telescópica donde sea necesario.

MURO DE CONTENCIÓN

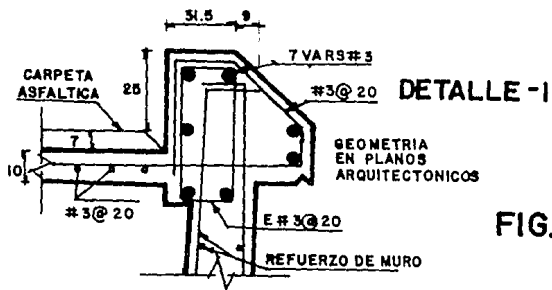
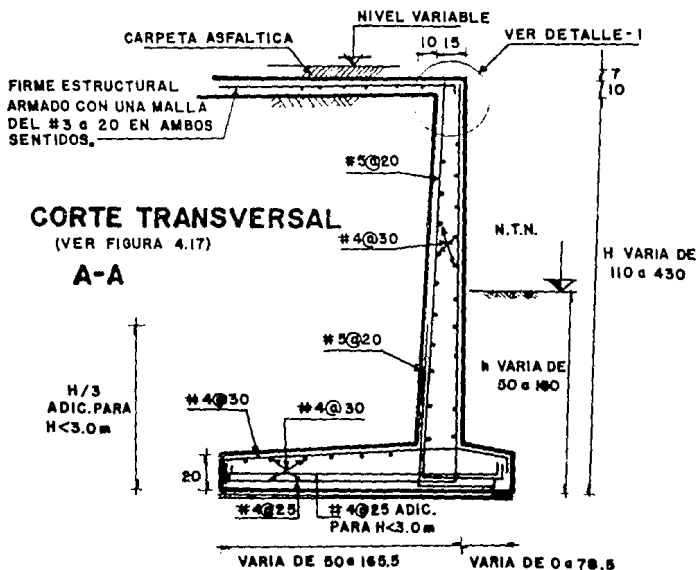


FIG. 4.19

4.8 TABLETAS PREFABRICADAS EN RAMPAS DE ACCESO.

Existen dos rampas de acceso vehicular en el puente, la pista de rodamiento en ellas tiene una pendiente que esta determinada por los muros de contención. En el inicio de rampa, donde el pavimento comenzará a estar ubicado en un nivel superior al de la calle, los muros de contención presentan una distancia perpendicular a ellos constante, que es la que se indica en el proyecto para el paso de carriles con el que contará el puente para su funcionamiento. Al llegar al inicio del cajón de cimentación ya sea CJ-1 o CJ-2 la distancia de separación sufre una variación; se reduce ocasionando que exista una superficie de rodamiento con menor longitud de ancho.

Esto se debe a que en la zona de cajón de cimentación, el muro de contención se desplanta sobre el cajón del Metro, exactamente siguiendo el mismo trazo de los muros millán laterales.

Para igualar el ancho de pista de rodamiento, hay que librar los dos claros laterales entre, el muro estribo y el muro de contención donde termina el cajón de cimentación (ver fig. 4.20), y el proyecto indica el uso de tabletas prefabricadas para cubrir el vado en cuestión, de tal manera que cubran y estén soportadas por traveses madrinas ubicadas en los ejes de apoyo dentro de la rampa (designados con letra).

En el planteamiento de un proceso constructivo, habrá que particularizar en las traveses que sirven para descansar las tabletas prefabricadas, respecto a su fabricación, montaje y colado de firme el procedimiento se sujeta a lo estipulado en el capítulo III, tema 3.11. Tabletillas prefabricadas, únicamente variarán las dimensiones.

TABLETAS PREFABRICADAS EN RAMPAS DE ACCESO.

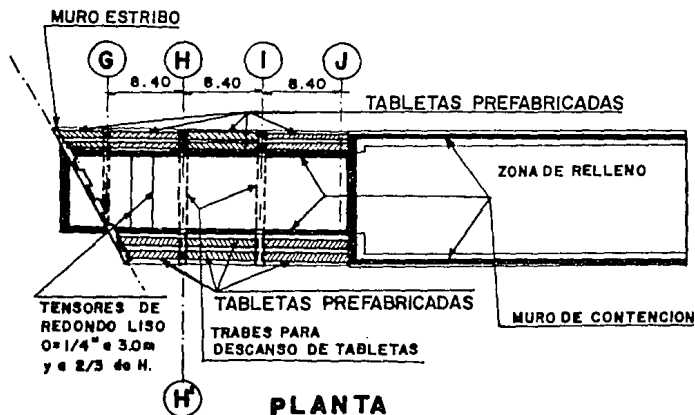
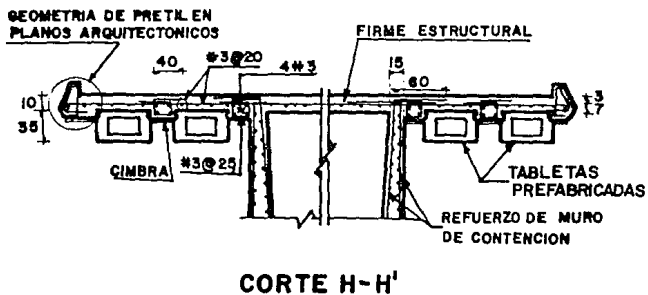


FIG. 4.20



TRABES PARA DESCANSO DE TABLETAS.

Están ubicadas en los ejes de apoyo internos de las rampas, son transversales al eje de puente; descansan y se unen con acero a los muros estribo, quedando a nivel de pista de rodamiento menos el ancho del firme con el ancho de la tableta, para ilustrar gráficamente puede verse la colocación de las trabes en la fig. 4.20.

El terraplén aligerado ya estará colocado, excavando la geometría rectangular de la trabe para descanso; evitando caídos.

La introducción de acero puede ser ayudado por una grúa con balancín.

Las dimensiones son 65 cm. de ancho por 70 cm. de peralte, su armado se divide en 2 lechos de varilla, el inferior con 6 varillas del No. 6, el superior con 8 del No. 8 y estribos a cada 25 cm, envolviendo todo el acero longitudinal.

Es necesario aclarar que se cimbrarán los costados, y las partes sobresalientes en donde se apoya la tableta.

El concreto podrá ser vaciado cuando los voladizos estén totalmente troquelados y el elemento completo de acero y cimbra en sus costados. Se procura que sea premezclado, con una resistencia de 300 kg/cm²; colocado directamente de la olla y un pequeño canalón, efectuando el vibrado correspondiente.

CAPITULO V

SUPERESTRUCTURA

V. SUPERESTRUCTURA

Las obras estructurales que salvan los claros entre los apoyos del 1 al 10, principalmente son elementos prefabricados y pretensados unidos por un firme de compresión, los cuales conforman la superestructura del puente vehicular "Sta. María Purísima"

Son un total de 36 traveses prefabricados que se necesitan para concluir el puente. Debido a los dos tipos de apoyo, las traveses serán también de dos tipos:

Traveses TA.- Son aquéllas que se colocan sobre 2 ejes de apoyo paralelos al eje del puente, es decir se colocan sobre dos columnas ubicadas en diferente eje de apoyo.

Se necesitan 16 traveses TA:
4 en el eje 2-3
4 en el eje 4-5
4 en el eje 6-7
4 en el eje 8-9 (ver fig. 5.1)

Estas traveses servirán de apoyo a las traveses T-C, por lo que deberán ser las primeras en colocarse. A estas traveses también se les denomina traveses de apoyo.

Traveses TC.- Son las traveses que descansan sobre las TA, y se les denomina traveses centrales y se colocan en los entreclaros que existen en las traveses TA-TA o TA-ESTRIBO, sobre las TA se apoyan en el cantilliver que se forma en sus extremos y son un total de 20 traveses TC. (ver fig. 5.1)

En el presente capítulo se verá el proceso de fabricación y colocación de las traveses prefabricadas, así también la manera en que funcionan con las otras estructuras del puente en conjunto.

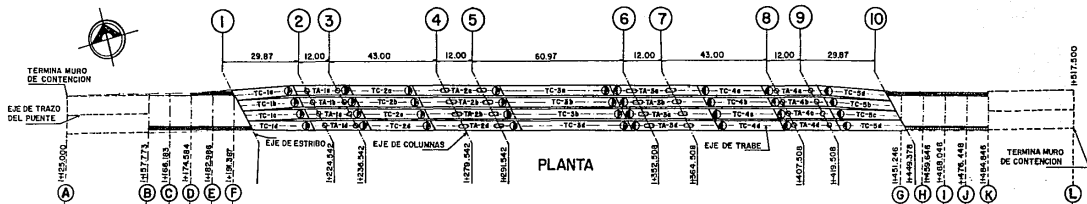
En los últimos años se ha difundido el sistema de prefabricados y pretensados para la construcción de puentes, ya que usando acero pretensado se reduce el peso de las piezas y las hace más resistentes a la flexión, elevando también la capacidad de transporte.

A continuación se enlistan algunas de las ventajas que presentan los prefabricados en el puente vehicular "Sta. María Purísima".

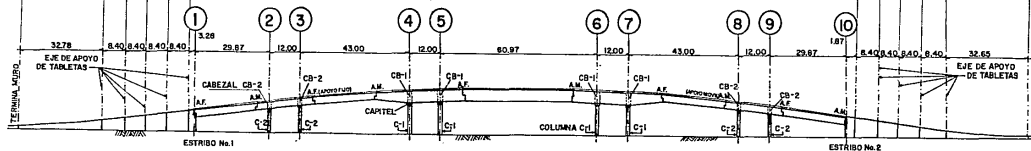
- La duración de la obra se acorta.
- Desaparece gran parte de los andamios y cimbras.
- Se reduce la mano de obra.
- Se logra un mejor control de calidad.
- La fabricación de los elementos se hace independiente del resto de la obra.

Sin embargo se presentan algunos inconvenientes como la necesidad de personal especializado, el uso de equipo y maquinaria costosa para su fabricación, transporte y colocación.

De cualquier manera los elementos prefabricados presentan características muy favorables en el proceso constructivo del puente, por lo que se ha escogido este tipo de estructura prefabricada para construirlo.



SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE VEHICULAR 'STA. MARIA PURISIMA'



Las traveses TA presentan una saliente en sus extremos, a la que llamaremos "Tacón", se ubica en la parte baja de la travesa y su funcionamiento es ser el apoyo y soporte de las traveses TC.

Sobre el tacón se desplantan los pernos para formar juntas móviles o fijas, (ver apoyos móviles 5.6). Además en la parte donde se asentará la TC se colocarán bases de 30X30 cm. de Neopreno que amortiguarán los movimientos verticales de las piezas, e impiden el contacto directo de los concretos que podrían ocasionar despostillamientos, fracturas, etc.

Las traveses TC también presentan una saliente en sus extremos, pero en la parte superior de la travesa, y será la que embonará con el tacón de la TA, a esta saliente de la TC se le denominará "Nariz" y tendrá la geometría necesaria para alojar los pernos y accesorios de la TA.

En la tabla de la fig. 6.2 se muestran las dimensiones de todas las traveses prefabricadas, que se tendrán que apoyar técnicamente en los planos y especificaciones del proyecto.

Cabe mencionar que las traveses centrales son de una dimensión longitudinal poco usual, son muy grandes y muy pesadas, lo que ocasiona el uso de un número mayor de grúas y equipo de colocación y transporte.

Los trabajos referentes a la superestructura se describen a continuación.

TABLA DE DIMENSIONES DE TRABES

TRABE		A	B	C	D
TC1-a	66.2931 ⁰	427.1	2411.7	453.2	2422.1
TC1-b	63.9572 ⁰	427.1	2439.2	453.2	2450.3
TC1-c	63.4140 ⁰	427.1	2468.3	453.2	2479.9
TC1-d	62.8256 ⁰	427.1	2498.9	453.2	2511.1
TA1-a,b,c,d	61.9404 ⁰	453.3	2136.0	453.3	2186.0
TC2-a,b,c,d	61.9404 ⁰	453.3	2510.2	453.3	2510.2
TA2-a,b,c,d	61.9404 ⁰	453.3	3400.8	453.3	3409.0
TC3-a,b,c,d	61.9404 ⁰	453.3	4260.8	453.3	4269.8
TA3-a,b,c,d	61.9404 ⁰	453.3	3400.0	453.3	3400.0
TC4-a	61.8318 ⁰	453.3	2506.5	453.3	2506.6
TC4-b	61.8566 ⁰	453.3	2510.5	453.3	2508.7
TC4-c	61.8814 ⁰	453.3	2512.5	453.3	2510.7
TC4-d	61.9062 ⁰	453.3	2514.6	453.3	2512.7
TA4-a,b,c,d	61.9404 ⁰	453.3	2186.8	453.2	2186.0
TC5-a	57.3657 ⁰	416.4	2624.6	453.2	2644.4
TC5-b	58.6223 ⁰	416.4	2583.5	453.2	2602.5
TC5-c	60.1256 ⁰	416.4	2544.3	453.2	2662.4
TC5-d	61.6756 ⁰	416.4	2506.8	453.2	2524.1

GEOMETRIA DE TRABES

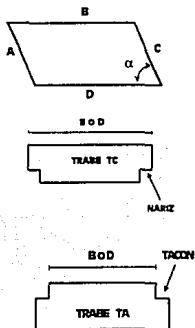


FIG. 6.2

5.1 FABRICACION DE TRABES PREFABRICADAS.

5.1.1 ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo es el que se coloca ahogado en la masa de concreto para soportar los esfuerzos generados por cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

En las trabes prefabricadas el acero de refuerzo se complementa con el acero de preesfuerzo y su proceso de colocación de manera general es el siguiente:

- a) Habilitado y armado del acero de refuerzo fuera del molde cimbra, incluyendo los accesorios y tuberías que marca el proyecto.
- b) Se contraventea y se asegura el armado para que no sufra desplazamientos durante su movimiento.
- c) Por medio de 2 grúas se realiza el izaje y colocación del armado en el molde cimbra, esta maniobra se realiza sujetando el armado con un balancín que es una estructura de ángulo, casi del tamaño del armado, ayuda a evitar deformaciones en sus elementos de acero y tener un izaje parejo del mismo.
- d) Una vez colocado el armado en el molde cimbra, se procede a la introducción de los torones (acero de preesfuerzo) y ductos.
- e) Se realiza el tensado de los torones, en esta actividad deberá cuidarse la fuerza de tensado, verificándola a cada momento en los manómetros de la prensa hidráulica utilizada para dar el preesfuerzo al acero indicado, previo al tensado se colocan las "calaveras" que son elementos de cimbra en los extremos de la que será la trabe.
- f) Se cuele el lecho bajo de la trabe.
- g) Se coloca la cimbra de aligeramiento al centro de la trabe.
- h) Se cuelean las paredes aledañas a la cimbra de aligeramiento.
- i) Se quita la cimbra de aligeramiento.
- j) Se pone la cimbra de la losa tapa.
- k) Se realiza entonces el armado de la losa tapa, colocando también los accesorios de izaje.

- l) Una vez que el concreto alcance el 75% de su resistencia, se puede proceder al destensado (corte de los torones), se llevará a cabo pieza por pieza, cortando un lado y luego el otro en el mismo torón, esto para equilibrar las fuerzas de tensión. Si no se cuida este equilibrio la trabe puede sufrir fracturas y/o fallas que puedan inutilizarla para ser colocada.

Como puede verse los trabajos referentes al acero, no pueden analizarse como un proceso aislado, pues los procesos de cimbra, colocación de concreto, curado, izaje, etc., interactúan en conjunto para lograr los objetivos que se persiguen en la realización de la superestructura del puente.

Los materiales necesarios para el habilitado y colocación del acero de refuerzo, se sujetarán a las especificaciones contenidas en los planos.

Las operaciones necesarias para el habilitado, manejo y colocación del acero de refuerzo, deberán ejecutarse con los equipos necesarios y adecuados, los cuales serán aprobados por la Supervisión.

El acero de refuerzo, debe llegar a la obra sin oxidación perjudicial, exento de aceite o grasas, quiebres, escamas, hojeaduras y deformaciones de sección. Deberá almacenarse bajo cobertizos y clasificarse según su tipo y sección, protegiéndolo contra la humedad y alteración química.

El constructor notificará al laboratorio cuál es el lote que se usará, procederá a su marcado y retiro de la obra de los elementos en mal estado.

HABILITADO.

Las varillas deberán corresponder a las clases de diámetro y número indicados en planos. Todo el acero deberá estar sujeto con amarres de alambre recocido o con el tipo de

sujeción que se especifique. Los separadores para dar el recubrimiento al acero, serán cubos de mortero o concreto y silletas de acero o asbesto, no se permitirá el uso de gravas, trozos de madera o pedazos de metal diferente del acero.

La sustitución de diámetros o grado de refuerzo, sólo se permitirá con la autorización de la Supervisión.

Previo colado, el acero de refuerzo deberá estar libre de óxido suelto, lodo, aceite o cualquier otra capa que reduzca la adherencia.

Todos los extremos de las varillas llevarán ganchos, cuyos diámetros mínimos de doble y longitudes en milímetros serán los que se indiquen en los planos y detalles correspondientes.

Todas las varillas se doblarán en frío, observando que el doblez no produzca fisuramiento, laminación o desprendimientos superficiales. El doblado en caliente requerirá de la autorización de la Supervisión, en ningún caso se calentará el acero de refuerzo a más de 530 grados centígrados, si no está tratado en frío y no más de 400 grados centígrados, en caso contrario.

Por ningún motivo se permitirá que el acero de refuerzo calentado tenga un enfriamiento rápido.

Los empalmes serán de dos tipos, traslapados y/o soldados a tope y su uso será el que fijen los planos. Salvo otra indicación, en una misma sección no se permitirá empalmar más del 33 por ciento de las varillas de refuerzo y siguiendo las observaciones siguientes:

- No deberá traslaparse varillas mayores del número ocho.
- En elementos sujetos a flexión, las varillas traslapadas sin contacto entre sí, no deben separarse más de 20 por ciento de la longitud de traslape, ni más de 150 mm.
- La longitud de traslape de los paquetes de varillas será la correspondiente al diámetro individual de las varillas del

paquete, incrementadas en 20 por ciento para paquetes de 3 varillas y 33 por ciento para paquetes de 4 varillas. Dentro del paquete, las varillas que lo forman no se traslaparán.

Las juntas soldadas a tope deberán tener una resistencia de por lo menos 125 por ciento de la resistencia de fluencia de las varillas que se suelden, para lo cual el laboratorio efectuará las pruebas necesarias a satisfacción de la Supervisión.

Las varillas a tope se soldarán de acuerdo a los detalles que se indiquen en los planos.

Los electrodos serán serie E-80XX de bajo contenido de hidrógeno.

En las uniones de varillas mayores al No. 8 que no sean soldadas, el constructor someterá a la Supervisión el método a utilizar y para su aprobación el laboratorio deberá efectuar las pruebas necesarias para este fin.

COLOCACION.

Todo el acero de refuerzo deberá colocarse de acuerdo a lo indicado en los planos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- La separación libre entre varillas paralelas de una capa, será de un diámetro de las mismas o 1.3 veces el tamaño máximo del agregado grueso, y nunca menor a 25 milímetros.

- Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas, las varillas de las capas superiores deberán colocarse directamente arriba de las que están en las capas inferiores, a una distancia de 25 milímetros.

- En muros y losas, excepto en losas nervadas, la separación del refuerzo principal no será mayor de 3 veces el espesor del muro o de la losa, ni mayor de 450 milímetros.

En columnas armadas, con anillos o refuerzo helicoidal, la distancia libre entre varillas longitudinales no será menor que 1,5 veces el diámetro nominal de la varilla ni menor de 40 milímetros.

- Los paquetes de varillas no deberán contener más de 4, dispuestas en forma cuadrada o triangular para el caso de tres varillas.
- Todas las varillas de refuerzo se deberán recubrir con los espesores de concreto indicados en los planos estructurales; en su defecto, los que se indican a continuación:
Para concreto precolado.
- Expuestas al terreno o al intemperismo.
- Varillas No. 12: 40 mm.
- Varillas No. 10 y menores: 20 mm.

TOLERANCIAS

Para dar por terminado el armado y colocación del acero de refuerzo, la Supervisión verificará qué dimensiones, separación y sujeción, forma y posición de acuerdo a los planos y dentro de las tolerancias que se indican:

- La suma de las discrepancias medidas en la dirección del refuerzo, con relación al proyecto, en losas, zapatas, cascarones, trabes y vigas, no será mayor de 2 veces el diámetro de la varilla ni más del 5 por ciento del peralte efectivo.

- En los extremos de las trabes y vigas, la tolerancia se reduce a 1 vez el diámetro.
- La posición del acero de refuerzo en zapatas, muros, cascarones, trabes y vigas no excederá de 3 mm. más el 3 por ciento del peralte efectivo y no más de 5 mm. en el recubrimiento.
- La separación del refuerzo transversal en vigas, trabes y columnas, medidas según el eje del refuerzo, no excederá a la del proyecto en más de 10 mm. más el 5 por ciento, ni serán menores en 3 mm. más el 3 por ciento de la dimensión en la dirección que se considera la tolerancia.
- El espesor del recubrimiento del acero de refuerzo en cualquier miembro estructural, no diferirá de la del proyecto en más de 5 mm.
- La separación del acero de refuerzo en losas, zapatas y muros, respetando el número de varillas en una faja de 1 metro de ancho, no diferirá de la del proyecto en más de 10 mm., más 1 décimo de la separación indicada en los planos.

5.1.2 APLICACION DE PREESFUERZO.

Después de colocar los torones, se les someterá a fuerzas para lograr la tensión requerida.

Una manera de esforzar un miembro pretensado es estirar los tendones entre dos muros de contención anclados contra los extremos de una plataforma para esfuerzos, en este caso también funciona como mesa de colado. Después que endurece el concreto, los tendones se separan de los muros y el preesfuerzo es transmitido al concreto. Tales plataformas de esforzado se usan en las plantas de prefabricados. Para esta

construcción, tanto los muros o cabezales de la plataforma deberán diseñarse para resistir el preesfuerzo por aplicar.

Los torones funcionan sobre el concreto al ser cortados, es decir, cuando el concreto ha endurecido lo suficiente para soportar el preesfuerzo, se liberan los alambres de los cabezales y, se transmite el preesfuerzo a los miembros, a través de la adherencia entre el acero y el concreto.

Los artificios para amordazar los alambres de pretensado a los cabezales se hacen usualmente bajo el principio de cuña y fricción.

En el pretensado el método más común para esforzar es el empleo de gatos hidráulicos, se usan para jalar el acero contra los cabezales.

En las trabes TA, el mayor número de torones se coloca en la parte superior y en las TC en la parte baja de la trabe, esta cualidad se debe al diseño y responde a las cargas que actuarán sobre ellas durante su funcionamiento ya en el puente.

Para la aplicación del preesfuerzo debe considerarse el procedimiento siguiente:

- a) Una vez introducido el armado a la mesa de preesfuerzo, se colocan las tapas en los extremos de la futura trabe.
- b) Se procede a la colocación de los torones a través de los ductos previamente colocados y sujetos en el armado, dejando que el cable de los torones pase con holgura los cabezales, esta excedencia en la longitud del torón es para sujetarlo al momento de aplicar la tensión.
- c) Se sujeta al torón y se le aplica la carga requerida, visualizándola en el manómetro de la prensa hidráulica.

- d) Se ancla el torón contra el muro, en este caso se utiliza una rejilla de acero, para colocar el anclaje.
- e) Se retira la prensa hidráulica y se coloca para dar carga a los torones restantes, alternando cada lado de la trabe para equilibrar esfuerzos.
- d) Se cuele el elemento.
- e) Una vez que la resistencia del concreto lo permite, se procede al corte de los cables, (se usará soplete) cuidando el equilibrio de esfuerzos.

Una vez retirados los torones se desmonta la pieza de la cimbra, ya afuera se cortan los torones al ras de la trabe y se procede a darle un acabado aparente.

Salvo lo fijado en los planos y/o lo ordenado por la Supervisión, para la aplicación del preesfuerzo, se observarán las recomendaciones siguientes:

- Los gatos, manómetros y demás instrumentos necesarios para las operaciones de tensado, serán previamente aprobados por la Supervisión, quien en cualquier momento podrá verificar su funcionamiento y calibración.
- En elementos postensados, en ningún caso se hará el tensado inicial antes de que el concreto haya alcanzado cuando menos el 80 por ciento de la resistencia ($f'c$) fijada en los planos y de haberse verificado que los cables deslicen libremente dentro de los ductos. En caso de trabes el alma deberá estar en posición vertical y con la sujeción lateral necesaria.
- El tensado total se efectuará posterior a que el concreto alcance la resistencia ($f'c$) total estipulada en los planos.

Para aprobar el tensado de cada cable, deberá comprobarse la correspondencia de la fuerza aplicada con el alargamiento esperado en el extremo del cable. De no satisfacerse esta correspondencia el tensado se suspenderá hasta corregir las causas.

Después de efectuado el tensado y dentro de un plazo no mayor de 24 horas, deberán llenarse los ductos correspondientes, inyectándoles a presión el mortero de cemento en la proporción fijada.

En elementos colados en el lugar, la remoción de la obra falsa, sólo podrá realizarse después de aplicado el preesfuerzo inicial o total, según se indique.

5.1.3 ACERO DE PREESFUERZO.

Es aquel acero de alto carbono, en forma de alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzo, el cual después de enfriarse, se somete a un tratamiento térmico continuo, para eliminar los esfuerzos internos, y obtener ciertas propiedades y características.

El acero de preesfuerzo se emplea como alambre sólo en torones, formados por 7 alambres, siendo 1 central y los 6 restantes envueltos firmemente en forma helicoidal, con un paso uniforme de 12 a 16 veces el diámetro nominal del torón.

Estos se clasifican en grados 176 (250k) y grado 190 (270k).

ALAMBRE Y TORONES

El constructor proporcionará a la Supervisión, un certificado y dos copias, de que el acero de preesfuerzo cumple las especificaciones del proyecto, además de suministrar una muestra del mismo para cada tonelada, misma

que el laboratorio someterá a las diferentes pruebas para su aprobación

Todos los alambres o torones que vayan a ser tensados simultáneamente, serán tomados del mismo rollo original de fábrica.

Cada uno de los cables o torones, deberán identificarse con su respectivo número, así como el rollo de acero usado en cada caso.

El cortado de los cables y torones, se efectuará con herramientas mecánicas aprobadas por la Supervisión; el corte con soplete no se permitirá. Además no se permitirá soldar alambres o torones dentro de los sectores o longitudes de los mismos que vayan a quedar tensados.

Serán rechazados todos los alambres y/o torones que hayan sido desenredados. Todos los torones o alambres que se tensen a un mismo tiempo, serán tomados del mismo rollo.

Todo el alambre debe ser autodesenrollable, cuando una muestra de alambre de 5 ó 7 milímetros de diámetro y 5 metros de longitud, se coloque libremente sobre una superficie plana, la flecha que forme no excederá de doscientos milímetros.

El alambre que vaya a usarse en anclajes tipo botón, debe ser de calidad conveniente para permitir formar éste en frío.

El alambre a utilizar no debe llevar soldaduras o juntas. Cualquier unión que se hubiere efectuado en el proceso de fabricación del alambre deberá eliminarse.

Los torones deben tener un diámetro uniforme, no presentar defectos perjudiciales y tener un acabado compatible con una buena práctica de fabricación. No se

permitirá que éstos estén aceitados o engrasados, una ligera oxidación, sin que haya causado picaduras visibles a simple vista, no será motivo de rechazo del material.

Tanto los alambres como los torones deberán identificarse con una etiqueta resistente y firmemente adherida en la que se indique la longitud, número de carrete, tamaño nominal y nombre o marca del fabricante.

5.1.4 DUCTOS Y ANCLAJES.

Existen zonas en las trabes donde no deberá actuar el preesfuerzo, para lograrlo se utilizarán ductos que permitan libertad al torón en esa zona, la mayoría de los ductos se colocan en las orillas de la longitud de las trabes, debido a que es en las orillas donde se necesita menos preesfuerzo.

Las cimbras se diseñarán de manera que se obtengan las dimensiones finales dentro de las tolerancias estipuladas en los ductos y anclajes.

La lámina de acero que se utilice en la fabricación de los ductos, será del espesor y características mostradas en los planos.

El anclaje y sus accesorios serán los mostrados en los planos y deberán identificarse mediante una etiqueta resistente y autoadherible, la que contendrá el tipo de anclaje y el número particular y/o general de la o las piezas que lo componen.

La forma y dimensiones de los elementos y de sus componentes, así como la colocación de ductos, cables, refuerzo adicional, dispositivos de anclaje y demás operaciones se harán conforme a lo establecido en los planos.

Es obligación del constructor que durante la ejecución de los trabajos o la obra, disponga de los servicios de un técnico especializado en concreto preesforzado y experto en el sistema a utilizar, para supervisar las diferentes etapas de fabricación, Inspección, manejo y montaje de todos los elementos y/o sus partes.

Es obligación del constructor facilitar el acceso a la planta o lugar de fabricación, al personal de la Supervisión para que verifique el cumplimiento del proyecto, los procedimientos de construcción y efectúe el muestreo y las pruebas que se consideren necesarias.

Salvo lo fijado en los planos y/o lo ordenado por la Supervisión, en el manejo y colocación de los ductos, se tomarán en cuenta las siguientes indicaciones:

- Se checará la hermeticidad de los ductos y sus accesorios a fin de impedir la entrada de agua o lechada de concreto.
- En la fabricación y colocación no deberán dejarse caer o arrastrarse, quedando en su lugar de proyecto, libres de las superficies, debido al óxido.
- Se fijarán en la posición indicada en planos, mediante los amarres o tipo de sujeción aprobado, ya sea el acero de refuerzo y/o al molde. No se iniciará ningún colado hasta que la Supervisión inspeccione y apruebe dicha posición.
- Los ductos serán fijados y alineados con una tolerancia de ± 12 milímetros en tramos rectos y ± 25 milímetros en tramo con cobertura. Los anclajes se fijarán con una tolerancia de ± 12 milímetros, el espacio de separación máxima entre 2 ductos contiguos será el señalado en los planos.

- Salvo lo ordenado en el proyecto y/o lo ordenado por la Supervisión, el diámetro interior de los ductos deberá ser como mínimo, 4 milímetros mayor que el diámetro del cable, pero no mayor de 6 milímetros.
- Se hará el menor número posible de juntas en los ductos, los que se traslaparán cuando menos 300 milímetros.
- Los ductos de aluminio no deberán ahogarse en el concreto estructural, a menos que se recubran adecuadamente o se pinten para evitar la reacción concreto-aluminio, o la acción electrofítica entre el aluminio y el acero.
- Antes de la inyección de la lechada, los ductos deben mantenerse libres de agua si los elementos que van a inyectarse están expuestos a temperaturas inferiores al punto de congelación.

En ductos adyacentes, se evitará la introducción de materias extrañas, mediante un buen sellado entre juntas y ductos, y de éste con el anclaje.

Los extremos de anclaje y ductos deberán protegerse de cualquier daño o deterioro, permaneciendo sellado hasta que los cables o torones sean enroscados y la fatiga de esfuerzo en los mismos empiece a manifestarse.

Los ductos serán fijados y allneados con una tolerancia de ± 12 mm. en tramos rectos y ± 25 mm. en tramos curvos. Los anclajes se fijarán con una tolerancia de ± 12 mm.

El espacio o separación mínima entre 2 ductos contiguos, será el señalado en los planos.

Tanto los ductos como los anclajes deberán limpiarse, antes de su instalación, libres de cualquier material extraño, perjudicial a la adherencia del concreto o lechada. Los ductos se mantendrán limpios y tapados durante el lapso de su instalación, tensado o inyectado.

Antes del tensado, el contratista deberá demostrar a la supervisión, que los puntos de aplicación para la tensión de cables y torones se encuentran con entera libertad de movimiento.

Las cimbras se diseñarán de manera que se obtengan las dimensiones finales dentro de las tolerancias estipuladas para ductos y anclajes.

5.1.5 CIBRA.

Es una estructura empleada para soportar los moldes o formas que contendrá el concreto fresco durante el tiempo que éste tarde en alcanzar una resistencia prefijada.

Las formas para el concreto son aquéllas que se emplearán para confinar y amoldar el concreto a las líneas y niveles especificados en los planos.

Esta cimbra está ligada estructuralmente a los cabezales que servirán para dar el preesfuerzo a las traveses, formando así una mesa de colado y preesforzado a la vez.

La selección de los materiales se hará fundamentalmente, tomando en cuenta la seguridad de la construcción, la economía y el tipo de acabado especificado en los planos.

Todos los materiales que se emplearán para cimbras o formas, deberán ser aprobados por la Supervisión.

La cimbra soportará con la seguridad adecuada, la carga muerta del concreto, así como la adicional producida por las operaciones del colado. Deberá soportar el concreto en estado plástico dentro de la alineación correcta y para esto se darán contraflechas en aquellos elementos que se juzgue necesario.

Particularmente el diseño de la cimbra deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Velocidad en la colocación del concreto.
- Cargas vivas laterales e Impactos.
- Deflexiones, contraflechas de concreto, excentricidades y presiones laterales, contraventeo, etc.
- Método de compactación.

La construcción de la mesa de colado y preesfuerzo podrá realizarse de diferentes maneras, pero siempre garantizando su resistencia y la buena calidad de las piezas.

A continuación se describe el procedimiento de una mesa de preesfuerzo para fabricar las trabes. (ver fig. 5.3).

- a) Se fabricarán piezas longitudinales en forma de "L", mismas que se colocarán formando una "U", deberán tener ductos para colocación de torones
- b) El lugar donde se pondrán las piezas "L", será mejorado de tal manera que no sufra deformaciones o hundimientos de la maquinaria al momento de izar las piezas coladas.
- c) Las piezas "L" se unirán con una placa de acero para evitar fracturas en el concreto de que están hechas.
- d) Sobre estas piezas "L" ya colocadas se acondicionará una estructura metálica a base de ángulo 4" X 4" (mínimo) que será el soporte del molde de las trabes y la parte superior de esta estructura estará ahogada en un elemento de

concreto longitudinal que posteriormente será postensado.

- e) Cuando esté lista la estructura se colocarán los cabezales, que son elementos de concreto armado, situados en los extremos de la cimbra.

Estos cabezales son el apoyo para aplicar el postensado de la cama de preesfuerzo y serán el apoyo para aplicar el preesfuerzo a los torones de las traveses por fabricar.

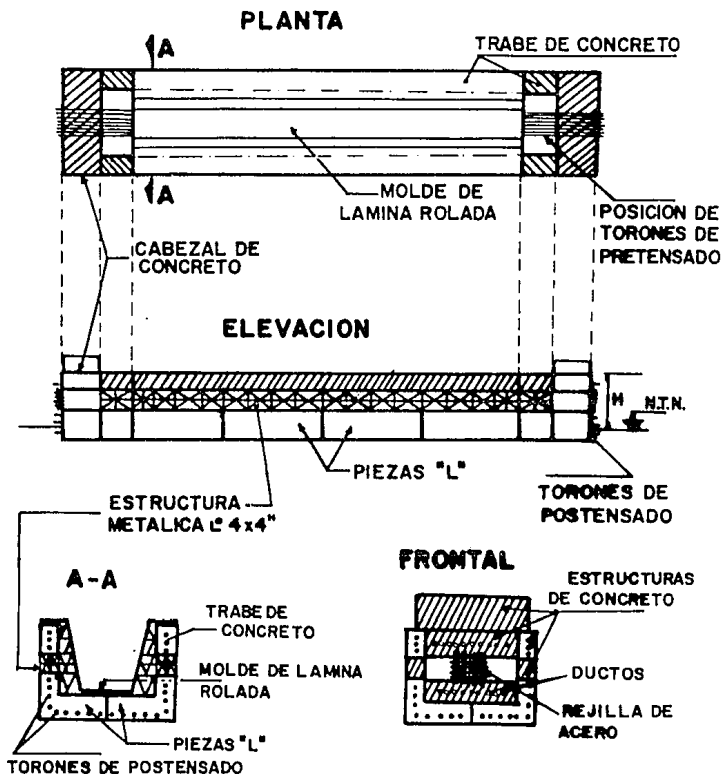
Contará con ductos y espacios libres para permitir el paso de los torones, aunque será necesaria una parrilla de placa de acero para apoyar el tendido.

- f) Se aplica el tendido de los torones a lo largo de la estructura, para lograr la unión de los elementos que conforman la mesa de colado y preesfuerzo.
- g) Una vez postensada la mesa, se procede a la colocación del molde, que consiste en placa metálica, rolada previamente para darle la geometría de las traveses, este molde se une a la estructura metálica por medio de soldadura.

La recomendación de que la mesa de colado y preesfuerzo sea de concreto postensado es para que pueda resistir la aplicación de las tensiones y también resistir cuando se retire la pieza del molde, ya que el concreto se pega fuertemente a la lámina, esto hace que tiendan a subir juntos al momento del izaje, ocasionando deformaciones al molde.

MESA DE COLADO Y PREE SFUERZO

FIG.5.3



La cimbra en aquellos elementos como trabes rectas y losas planas, deberá tener contraflechas al centro de sus claros, de acuerdo a lo siguiente:

- 1/400 del claro libre en trabes.
- 1/200 de la longitud en el extremo de voladizos.
- 1/400 del claro corto en losas de tableros interiores.
- 1/200 del claro corto en losas superiores.

Previamente a su habilitado e instalación el contratista deberá presentar para su revisión y aprobación a la Supervisión, los cálculos y planos correspondientes y una vez aprobados su construcción e instalación se registrarán por éstos.

Por ningún concepto se permitirán separadores de madera en el concreto.

En la fabricación de cimbras metálicas no se usarán elementos con defectos de fabricación ni los que presenten superficies corroidas, golpeadas o dañadas por el fuego.

Las superficies de los moldes o formas que vayan a estar en contacto con el concreto, deberán ser del material adecuado para producir el acabado especificado en los planos.

Las formas o moldes deberán tener un traslape no menor de 25 milímetros sobre el concreto colado previamente y serán sujetados adecuadamente al mismo, de forma que al efectuar el colado siguiente, las formas no se abran ni permitan pérdida de lechada del concreto.

Todas las formas o moldes deberán estar diseñadas para desmantelarse sin causar daños al concreto durante su retiro.

Se instalarán señales y barreras para impedir el paso a la zona de colado a personas y vehículos no autorizados por la Supervisión.

Desde una altura que no exceda a los 2 metros, las paredes de los moldes o formas que van a estar en contacto con el concreto, se recubrirán con aceite mineral o grasa, antes de cada uso, a fin de evitar la adherencia de la mezcla.

Antes de colocar el acero de refuerzo, se verificarán la localización, niveles y dimensiones de las formas o moldes y previo al colado del concreto, éstas deberán estar limpias de tierra, basura o cualquier material extraño cuya presencia fuera accidental.

Los alineamientos, niveles y dimensiones de los espacios confinados dentro de las cimbras, deberán corresponder a los señalados en los planos, admitiendo las siguientes tolerancias:

- Desviaciones respecto a la vertical.

En líneas y superficies de columnas, muros y en aristas.

En tramos hasta 3 metros:

6 milímetros.

En tramos hasta 6 metros:

12 milímetros.

En tramos mayores de 6 metros:

25 milímetros.

- En esquinas aparentes de columnas, ranuras de juntas de colado y otras líneas principales.

En tramos hasta 6 metros:

6 milímetros.

En tramos mayores de 6 metros:

12 milímetros.

- Desviaciones respecto a niveles o pendientes de proyecto (medidas antes de retirar los puntales de soporte).

En cimbras para acabado aparente:
1/500 del claro.

En cimbras para acabado común:
1/300 del claro.

- En dinteles aparentes, parapetos y ranuras horizontales.

En tramos hasta 6 metros:
6 milímetros.

En tramos mayores de 6 metros:
12 milímetros.

- Desviaciones en alineamientos respecto a la posición establecida en planta y a la posición relativa de columnas, muros y divisiones.

En tramos hasta de 6 metros:
12 milímetros.

En tramos mayores de 6 metros:
25 milímetros.

- Desviaciones en las dimensiones y localización de piezas de acoplamiento y aberturas en pisos y muros:

Menos de 6 y 12 milímetros.

- Desviaciones en las dimensiones de las secciones transversales de columnas, vigas y en el espesor de losas:

Menos de 6 y 12 milímetros.

- Desvíos en zapatas.

Variación de la dimensión en planta:

Menos de 12 y 50 milímetros.

Excentricidad o desplazamiento:

Veinte por ciento del ancho de la zapata en la dirección del desplazamiento, sin exceder 50 milímetros.

Sistemáticamente, antes de efectuar cualquier colado de concreto, se verificarán los siguientes puntos:

- Que los soportes verticales tengan el suficiente apoyo, de acuerdo con las condiciones del suelo o del piso.
- La localización, número adecuado y verticalidad de los puntales, comprobando que éstos estén dotados de rastras y cuñas de ajustes, las cuales deberán estar bien sujetas.
- Los alineamientos, dimensiones y niveles de acuerdo a los plazos y dentro de las tolerancias especificadas.
- El atlesamiento diagonal y lateral de marcos y puntales. Empalmes y traslapes de pies derechos, largueros, maderas y puntales; comprobando la firmeza de los costados mediante yugos, separadores y barrotes.
- En su caso, el apuntalamiento de pisos inferiores. Los puntales de pisos superiores, deberán coincidir con los de los inferiores, en la misma vertical, hasta llegar al suelo natural.

- Estanqueidad y limpieza de las formas. Correcta colocación del ochavamiento en las aristas, a menos que los planos no señalen su colocación.
- Adecuada estructuración de la obra falsa, para resistir presiones laterales del viento o vibraciones por cargas móviles.

Durante y después del colado, se inspeccionará la cimbra para detectar deflexiones, asentamientos, pandeos o desajustes de las formas o de la obra falsa.

Cuando se considere necesario, se controlará la secuencia y rapidez del colado, para evitar o disminuir excentricidades de cargas debidas al concreto fresco, colocado o el equipo que se utiliza en el colado.

Durante el retiro de las formas o cimbras se evitarán choques o vibraciones que dañen en cualquier forma al concreto. En esta etapa no se permitirán cargas de construcción en la zona descimbrada.

Salvo que los planos especifiquen otros valores, los tiempos mínimos para el descimbrado en condiciones medias de temperatura serán los siguientes:

- Costados de dalas y castillos:
24 horas.
- Columnas, muros y costados de trabes:
36 horas.
- Losas y fondos de trabes:
10 a 12 días.
- Voladizos:

14 a 16 días.

En caso de usarse cemento de fraguado rápido, los tiempos indicados para losas, fondos de trabes y voladizos, podrá reducirse a la mitad.

En la construcción de las trabes y estructuras de grandes claros, no se retirarán de la cimbra hasta que el ensaye de los cilindros de concreto representativos del mismo, curados en las mismas condiciones de la estructura, demuestren que se ha alcanzado la resistencia especificada en el proyecto.

5.1.6 CONCRETO PREENFORZADO.

El concreto a utilizar en elementos preesforzados tendrá las siguientes características:

- Concreto pretensado: $f'c = 400 \text{ Kg/cm}^2$, estructural.
- Tamaño del agregado grueso: 1/2".
- Revenimiento máximo 10 cm., se considerará la trabajabilidad del concreto de alta resistencia en las paredes de la trabe, se recomienda fluidizante.
- Porcentaje de finos: 50%.
- Contenido de aire: 6%.
- Recubrimiento mínimo libre: 2 cm., excepto donde se indique otra indicación.
- Deberá ser concreto premezclado.

Los materiales que se emplean en la elaboración de concreto serán: Cemento Portland, agregados finos y gruesos seleccionados, agua y los aditivos aprobados, según el caso. El control de calidad de los materiales empleados se efectuará por medio de laboratorio.

El constructor deberá dar aviso y obtener por escrito la aprobación de la Supervisión, antes de efectuar el colado de cualquier elemento. La Supervisión inspeccionará las

dimensiones, desplantas y demás requisitos de los moldes y obra falsa, la correcta colocación y firmeza del acero de refuerzo, la colocación de anclas y otros soportes, los ductos, etc.

El procedimiento de colocación del concreto en las trabes de la superestructura se describe a continuación: (ver fig. 5.4).

- a) Colado y tensado el acero en el molde se procederá a efectuar el colado. Empezando por la losa baja de la trabe, se realiza con canalón directo desde la olla.
- b) Se colocan las cimbras de aligeramiento, las cuales dejan el espacio para colar de inmediato las paredes laterales de la trabe; este concreto tendrá fluidizante para evitar oquedades en el concreto.
- c) Debido a la gran longitud de la trabe, da tiempo de que cuando se terminen los muros laterales, el concreto del inicio ya haya fraguado; entonces, se quitará la cimbra de aligeramiento.
- d) Con lámina de cartón se tapa el hueco para dar la cimbra ahogada que sostendrá la losa superior de la trabe. Las láminas de cartón son sujetadas con varillas apoyadas sobre el molde cimbra.
- e) Inmediatamente se procede al armado de la losa superior.
- f) Se colocan las fronteras, rectas o pecho de paloma según la pieza.
- g) Se coloca el concreto de la losa superior dando por terminado el colado.

Todas las actividades anteriores son inmediatas de manera que no se puede interrumpir el colado de la trabe en ningún

momento. El tiempo aproximado de colado es de 12 horas continuas, y el proceso irá avanzando conforme se hayan realizado los pasos anteriores en parte de la longitud de la pieza.

El acabado en la losa superior deberá ser rugoso, y esto se logrará rallando el concreto con un rastrillo metálico de dientes largos.

SECUENCIA DE COLADO EN TRABES PREFABRICADAS

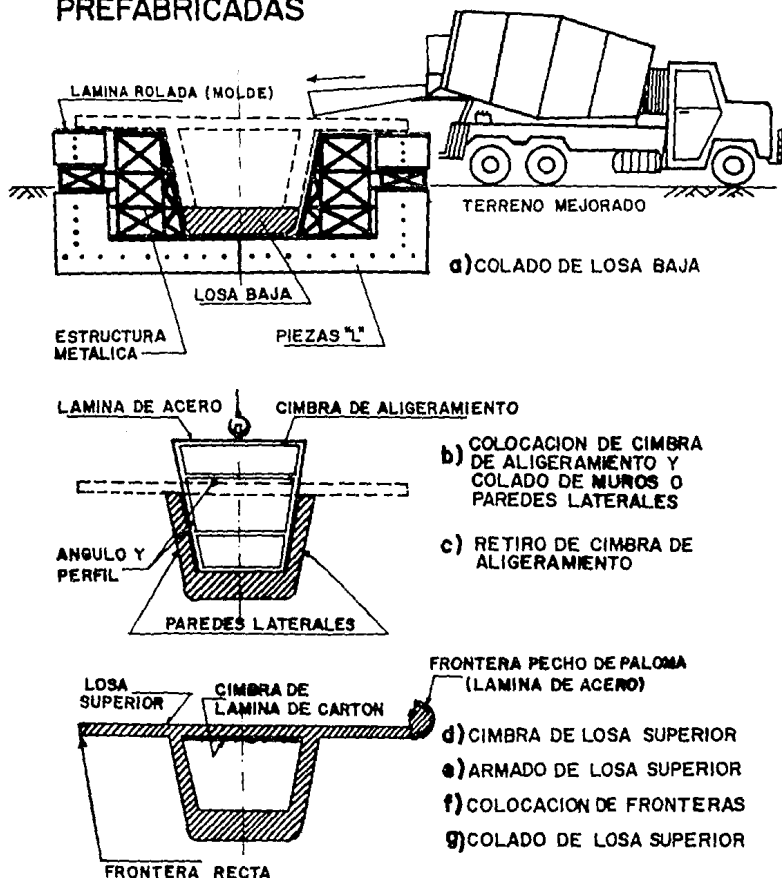


FIG. 5.4

CONCRETO PREMEZCLADO.

Es el concreto hidráulico dosificado y mezclado por el fabricante y que se entrega al comprador para su utilización en estado plástico no endurecido.

El concreto premezclado deberá cumplir con las especificaciones listadas anteriormente.

DATOS PARA PEDIDOS.

Los pedidos de concreto premezclado, deberán incluir como mínimo los datos siguientes:

- Cantidad de concreto fresco, expresada en metros cúbicos.
- Resistencia especificada y edad a la que se obtendrá.
- Clase de concreto.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Revenimiento en el sitio de la entrada.
- Contenido de aire, en el sitio de la entrega en su caso.
- Tipo de cemento utilizado.
- Aplicación y tipo de aditivo usado.

El control de calidad y la aceptación de la planta de premezclado, se efectuarán por el laboratorio, para lo cual este último visitará e inspeccionará las instalaciones del fabricante y aprobará a los fabricantes propuestos por el contratista en caso de cumplir con todas las especificaciones en la elaboración del concreto.

Las cantidades de cemento, agregados y agua, serán determinados por peso. Los dispositivos para pesar serán verificados sistemáticamente a satisfacción de la Supervisión, teniendo una tolerancia de + 2.5% en peso.

El agua será medida por volumen y/o peso, y el aparato o dispositivo deberá contar con ajustes que permitan dar una tolerancia de + 1%.

El laboratorio obtendrá según su clasificación las probetas de ensaye con la frecuencia que considere necesario, y si al efectuar sus pruebas encuentra que, el concreto no cumple con la resistencia ($f'c$), módulo elástico y peso volumétrico, deberá consultar a la Supervisión para tomar las medidas correctivas necesarias a los inspectores del laboratorio para la obtención de las probetas.

Los aditivos se añadirán con el procedimiento y tiempo de mezclado aprobados. La tolerancia en el equipo de medición será de 2.5% en peso o volumen, dependiendo del aditivo a utilizar.

El recipiente de mezclado deberá ser lavado en cada cambio de mezclas y al finalizar el turno de trabajo.

No se añadirá agua y/o cualquier otro material a la mezcla después de que el concreto haya dejado la mezcladora.

El concreto no se vaciará hasta que el sitio que ocupará esté libre de agua o cualquier otro material extraño, y se tenga la aprobación de la Supervisión.

El colado de elementos estructurales de eje vertical, tales como columnas, muros, etc., se efectuará de la manera siguiente.

La mezcla se vaciará colocándola en capas horizontales continuas de 25 a 30 cm. de espesor (nunca se excederá la penetración efectiva del vibrador).

Cada capa se acomodará y compactará en toda su profundidad para obtener un concreto que llene

completamente los moldes y cubra en forma satisfactoria el acero de refuerzo.

Si la mezcla se colocara desde una altura mayor a 3 metros, deberán tomarse precauciones especiales, tales como el uso de deflectores y/o tuberías adecuadas. No se permitirá amontonar la mezcla para posteriormente extenderla dentro de los moldes.

A fin de evitar que se marquen juntas y evitar discontinuidad entre las capas, éstas se deberán colar en forma continua y una vez que la anterior haya sido colocada y compactada y antes de que inicie su fraguado. El tiempo máximo entre la colocación de una capa y la precedente será de 30 minutos.

El colado de elementos de eje horizontal, tales como vigas, losas, pisos, etc., se efectuará de la manera siguiente:

La mezcla se vaciará por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento, no se dejará colar la mezcla de alturas mayores de 1.50 m., ni se permitirá amontonarla, para después extenderla en los moldes; el colado será continuo hasta la terminación del elemento o hasta la junta de construcción que fije el proyecto y/o lo ordene la Supervisión; el tiempo máximo entre un vaciado y el siguiente, será de 30 minutos.

COMPACTACION DEL CONCRETO.

El acomodo y compactación de la mezcla de concreto, se efectuarán de tal manera que ésta llene totalmente los moldes sin dejar huecos dentro de su masa, para lo cual se llevará a cabo el procedimiento siguiente:

Mediante el uso de vibradores de inmersión según del elemento que se trate.

Previa autorización de la Supervisión, deberán emplearse en número y diámetro suficientes para asegurar el correcto acomodo de la mezcla, de acuerdo con el volumen correspondiente a la etapa que se cuele. Los vibradores se aplicarán sistemáticamente y a una distancia tal que las zonas de influencia se traslapen.

Mediante el uso de pisonos de tipo vibratorio, máquinas de acabado u otro equipo que autorice la Supervisión, para el caso de pisos o estructuras de espesor reducido. Mediante vibradores de molde como lo fije el proyecto o aquél que apruebe la Supervisión, para elementos Precolados.

Se evitará el vibrado excesivo para impedir cualquier segregación o clasificación de los materiales, así como el contacto directo del vibrador con el acero de refuerzo, para dañar las partes coladas previamente.

Los vibradores de inmersión y los pisonos de tipo vibratorio deberán tener una frecuencia de 10,000 a 14,000 ciclos por minuto para los primeros y menor de 10,000 ciclos por minuto para los segundos.

PRUEBAS DEL CONCRETO.

En obra se realizarán 3 pruebas para ver que el concreto cumpla con las características señaladas:

- Resistencia a la Compresión.
- Prueba de Revenimiento.
- Contenido de Aire.

Resistencia a la Compresión es el esfuerzo de ruptura del concreto endurecido, que se obtiene en especímenes cilíndricos estándar, ensayados a compresión axial, expresada en Kg/cm².

Salvo especificación contraria, todos los ensayos se efectuarán a los 28 días de edad del concreto.

Los planos deberán especificar la resistencia a compresión ($f'c$) y la edad a que ésta debe obtenerse. El informe de la prueba de cada espécimen deberá incluir los siguientes datos cuando menos:

- Número de identificación.
- Obra de procedencia y lugar del colado.
- Planta mezcladora y número del camión muestreado cuando se trate de concreto premezclado.
- Diámetro y altura del espécimen, si no es estándar en cm.
- Área de la sección transversal en cm^2 .
- Carga máxima en Kg.
- Resistencia a compresión en Kg/cm^2 .

- Tipo de falla cuando no se presenta el cono usual.
- Defectos observados en el espécimen o en las cabezas.
- Edad del espécimen en días.

Los especímenes para efectuar la prueba de compresión serán tomados en cada olla de $7 m^3$ de concreto, y para sacar la pieza colada del molde, los cilindros tomados de la losa superior de la trabe, serán los que determinen la resistencia, debido a que son las muestras de menor edad.

Concreto fresco es aquél que no ha alcanzado su fraguado inicial, que se define como el lapso que transcurre desde que se agrega agua a la mezcla y hasta que alcanza una resistencia a la penetración igual a $35 Kg./cm^2$.

Las mezclas de concreto deberán diseñarse con el revenimiento más bajo que pueda usarse, según el tipo de elemento a colar. En ningún caso los revenimientos podrán exceder de los 10 cm. para elementos preesforzados.

Para checar en campo el *Revenimiento* se utilizará un cono metálico, varilla y charola, midiendo la deformación que no deberá exceder de ± 3 cm., del revenimiento estipulado.

En el concreto de las paredes es necesario un aditivo que aumente el revenimiento hasta 18 cm.

El *Contenido de Aire* es el aire cuya introducción en el concreto fresco se propicia al adicionarle un agente. El contenido de aire máximo permisible en la mezcla de concreto no excederá de lo siguiente:

TAMAÑO DE AGREGADO (mm.)	CONTENIDO DE AIRE (%)
10	8
13	8
19	6
25	5
38	4
50	4

El contenido de aire se determinará al salir el concreto de la mezcladora, cuando menos una vez en cada turno de trabajo.

El porcentaje de aire incluido es la diferencia que resulte de determinar éste en dos mezclas comparativas: Una con un aditivo y la otra sin aditivo, de tal forma que en la primera, el aire total de la mezcla sea el aire natural atrapado más el incluido.

El fraguado inicial del concreto es el lapso transcurrido desde el momento en que se agrega el agua a la mezcla, hasta que el concreto adquiere la rigidez correspondiente a una resistencia a la penetración de 35 Kg./cm².

La verificación del tiempo de fraguado tiene por objeto comprobar que el concreto se coloque antes de alcanzar su fraguado inicial y que una vez colocado y compactado, no sea sometido a vibración adicional, después del fraguado inicial.

CURADO DEL CONCRETO.

Todo el concreto colado deberá ser protegido contra condiciones climáticas adversas. Se prevendrá la rápida evaporación debida por altas temperaturas, viento o ambas.

Los aditivos o membranas utilizadas para curar el concreto deberán ser aprobadas por la Supervisión y cumplirán las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas.

El curado con vapor deberá ser aprobado por la Supervisión, siempre y cuando se justifique plenamente. De preferencia se utilizarán bajas temperaturas de vapor por períodos largos de tiempo a presión atmosférica.

En el colado de las trabes, en la losa superior se dejarán preparaciones de tubería de poliducto, esto con el fin de formar un sistema de curado de vapor.

Las preparaciones de poliducto, se colocarán a lo largo de la trabe, al momento de curar se conectarán a un ramal de tubería principal, el cual conducirá el vapor generado por una caldera, se mantendrá esta actividad hasta que el concreto alcance el 75% de su resistencia.

Para curar la parte superior de la trabe, se colocarán lonas o membranas de curado, aplicando vapor por medio de una tubería móvil. De esta forma se cura el interior y exterior de la trabe.

Todo el concreto colado deberá protegerse para prevenir daños debidos al clima, por tránsito o sobrecarga de cualquier clase.

Las superficies de concreto expuestas, se protegerán para prevenir cualquier decoloración o roturas por caídas de materiales.

Cualquier desperfecto deberá ser reparado y el contratista obtendrá de la Supervisión la aprobación de los métodos y materiales propuestos.

El concreto no se cortará ni demolerá sin la aprobación previa de la Supervisión.

TOLERANCIAS.

Todas las estructuras de concreto se construirán con una tolerancia tal, que permita el arreglo o montaje de otros componentes e instalaciones y será compatible con las diferentes clases de acabados.

La precisión de los trabajos estará dentro de las tolerancias anotadas en los planos o en las especificaciones, y en ausencia de los otros requisitos será como sigue:

-	Dimensiones exteriores	+/- 5 mm.
-	Secciones de miembros de concreto.	+/- 5 mm.
-	Nivel en superficie de losas	+/- 5 mm.
-	Desplome en columnas o paredes de un piso de altura.	+/- 5 mm.
-	Desplome en columnas o paredes en toda su altura.	+/- 5 mm.
-	Camisas y agujeros para alojar pernos, dentro de la placa base.	+/- 20 mm.
-	Desviación de pernos de su posición teórica 1% de su longitud.	+/- 10 mm.
-	Pernos anclados rígidamente en el concreto, la posición teórica dentro de la base.	0.5 % de su longitud de desplome.

Todos los pernos o anclas, se fijarán en su posición, mediante una plantilla de material aprobado por la Supervisión.

Además para dar por terminada la elaboración de los elementos de concreto preesforzado, se verificarán sus dimensiones, forma o alineamiento, de acuerdo con lo estipulado en los planos y dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- Las dimensiones de cualquier sección transversal de trabes, losas, muros o columnas no difieran de las de proyecto en más de $0.02 t + 2 \text{ mm.}$; o en menos de $(0.01 t + 2 \text{ mm.}) 0.5$. En donde t es la dimensión para la que se considera la tolerancia.
- La desviación angular de los ejes de cualquier sección transversal de una trabe y/o columna, respecto a los de proyecto en elementos colados en el lugar, no será mayor de 1 grado, que es el ángulo cuya tangente es 17 milésimos y en elementos precolados no será mayor de 0.5 grado que es el ángulo cuya tangente es 9 milésimos.
- La distancia entre el eje centroidal de una viga de sección constante y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, antes de aplicado el preesfuerzo, medida en dirección vertical, no será mayor de: $0.01 h + 2 \text{ mm.}$ y medida en dirección horizontal no será mayor de: $(0.01 b + 4 \text{ mm.}) 0.5$; en donde h es el peralte de la trabe y b es el ancho o patín de mayor dimensión de la misma trabe.
- La distancia entre el eje centroidal de una columna y la recta que une los centroides de las secciones extremas, no será mayor de: $0.01 t + 2 \text{ mm.}$; en donde t es la dimensión de la sección de la columna perpendicular a la medida de la tolerancia.

- Una vez aplicado el preesfuerzo, la distancia horizontal entre el eje centroidal de una trabe y la recta que une los centroides de las secciones extremas, no será mayor de: $L/700$ o de $b/20$; en donde L es la longitud total de la trabe y b es el ancho o patín de mayor dimensión de la misma trabe.
- Los ejes de apoyo de las trabes no diferirán de los del proyecto longitudinalmente en más de 2 milímetros y transversalmente en más de 5 milímetros..

5.1.7 MORTERO PARA INYECCION.

Los morteros para inyectado se harán empleando cemento Portland tipo II, aditivo estabilizador de volumen y agua, en donde su relación agua-cemento no exceda de 0.45, ni que el sangrado del 2 por ciento después de 3 horas de colado o un máximo de 4 por ciento cuando su medición se haga en laboratorio.

No se aceptará ningún aditivo que contenga cloruros o nitratos y el empleo de cualquier otro requerirá de la aprobación de la Supervisión.

Esta sección trata de los materiales, la elaboración y el proporcionamiento para los morteros que se usarán como relleno bajo superficies horizontales, para el relleno de huecos que alojarán anclas, y para los agrietamientos menores.

El cemento, agregados, agua y aditivos, deberán cumplir los requisitos de la especificación principal.

Cuando se utilicen aditivos expansores o estabilizadores, su proporcionamiento se sujetará a las especificaciones y/o recomendaciones del fabricante.

El agregado fino deberá cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM - C33 y el agregado será graduado y de bordes redondeados, conforme se indique en los planos y previa autorización de la Supervisión. El porcentaje de material que pase la malla No. 200 no excederá del 7 por ciento.

ELABORACION DE LOS MORTEROS.

La mezcla del mortero se elaborará en máquinas revolventoras de la capacidad adecuada, cuyas características serán previamente aprobadas por la Supervisión. El mezclado a mano no se permitirá.

Previo a su colocación la superficie que recibirá el mortero deberá estar completamente limpia, dejándola rugosa.

Los huecos para los pernos o anclas, deberán ser limpiados inmediatamente antes de colocar la placa en posición, y antes de colocar el mortero entre las superficies, se limpiará nuevamente y humedecerá en su totalidad; los huecos de las anclas a rellenar deberán estar libres de agua.

El mortero deberá estar colocado en su sitio dentro de los 30 primeros minutos posteriores a su mezclado. El mortero debe colocarse utilizando una varilla de diámetro adecuado o cualquier otro método autorizado por la Supervisión, siempre y cuando dicho mortero llene completamente el espacio.

En todos los casos el mortero deberá ser trabajado por un lado determinado y en una sola dirección, manteniendo una secuencia que evite la formación de vacíos.

Los morteros con aditivo expansor no deberán ser vibrados.

Deben ser fijadas cimbras alrededor de la placa base y al nivel de la parte superior de ella; el espacio entre la cimbra y la placa base será de 75 milímetros, pero en el sitio se definirá la distancia exacta.

Las aristas expuestas del mortero se achaflarán en ángulo de 45 grados.

La cimbra no se removerá antes de 24 horas después de colocado el mortero y se mantendrá húmedo por un período de 5 días.

La resistencia mínima nominal de los morteros será de 200 Kg./cm² a los 28 días.

Para rellenar superficies donde la dimensión libre mínima es de 50 milímetros, el mortero tendrá un proporcionamiento de 1: 1.25: 1.75 en peso. Su trabajabilidad deberá ser medida mediante el cono de revenimiento y estará entre los 100 y 200 milímetros.

Cuando la dimensión libre entre superficies de contacto sea menor de 50 milímetros, el mortero tendrá un proporcionamiento en peso de 1:1.

En ocasiones se usará mortero seco añadiendo a la mezcla, agua suficiente para que el revenimiento no exceda los 5 milímetros. Para dimensiones menores de 75 milímetros, el proporcionamiento de la mezcla será de 1:2 y para dimensiones mayores será de 75 milímetro, la proporción de la mezcla será de 1:1:2, con un solo tamaño de agregado grueso de 10 milímetros.

5.1.8 PERNOS DE FIJACION, APOYOS DE NEOPRENO Y PREPARACIONES DE PLACAS PARA DIAFRAGMAS.

PERNOS DE FIJACION

Las traves de apoyo TA, cuentan con una geometría adecuada para poder cargar las traves centrales TC; a la parte que sobresale en la TA para este fin se le denomina tacón (ver fig. 6.2).

Sobre el tacón deben quedar ahogados 2 pernos de acero, quedando libres en su parte superior, donde contarán con cuerda normal 15 cm. en su terminación. El diámetro es de 2.54 cm. y serán de una resistencia a la tensión $f_y=10500$ kg/cm².

La función de los pernos es ayudar a la unión de dos traves pues están fijos en el tacón y atraviesan a la nariz de la TC, sobresaliendo únicamente parte de la rosca; con una placa de acero de 3/4 de pulg. que funciona como rondana, se coloca una tuerca a presión, dando un postensado a las dos piezas unidas, evitando los movimientos verticales (ver fig. 5.4.a).

Las uniones entre las traves forman 2 tipos de apoyos, que deben ser considerados para fabricar la placa rondana. Las placas en los apoyos fijos tienen un orificio circular de diámetro=2.54 cm., y en los móviles será una ranura que permite únicamente los desplazamientos horizontales del perno. Las placas se cubren con cellotex y quedan ahogadas junto con las tuercas en el firme de compresión.

APOYOS DE NEOPRENO

La trabe central descansa sobre la trabe de apoyo, para evitar la unión directa de los concretos, se pondrán apoyos de Neopreno que servirán para absorber movimientos de presión

verticales, estarán en el lecho superior de tacón, sobre un pequeño zocio de nivelación de mortero sikagrout, 26mm. de espesor.

En apoyos fijos únicamente habrá un Neopreno tipo sandwich fijo, shore A-60, con capacidad para 128 ton.

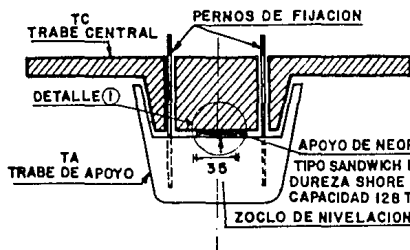
Para las juntas móviles serán 2 piezas del mismo tipo, con capacidad de 70 ton. c/u., teniendo una placa de teflón reforzado de mm. de espesor, formando un apoyo de Neopreno deslizante. Se le llama sandwich porque el material de Neopreno es puesto intercalando placas de acero A-36. (ver fig. 5.4.a.)

PREPARACION DE PLACA PARA DIAFRAGMAS

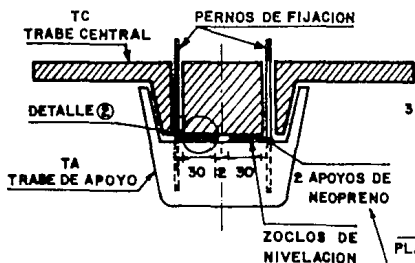
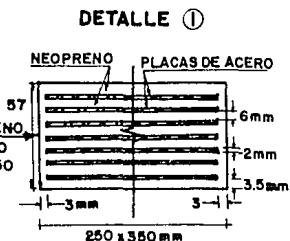
Existen accesorios en las caras laterales del patín de las trabes, que son placas de acero ahogadas en el concreto, mostrando una cara al ras del acabado. Es ahí donde se anclarán con soldadura los diafragmas metálicos y/o anuncios requeridos en la zona donde se libra la estación del Metro. Las placas están unidas y soldadas a anclas de varilla, lo que les da firmeza dentro de la trabe. En este punto cabe aclarar que la posición y características de las preparaciones siempre respetarán lo dispuesto en los planos del proyecto.

Además de todos los accesorios descritos anteriormente existen otros, como los ganchos para izaje, fabricados con placa de 1/2 pulg., colocando 4 piezas, por prefabricado como lo marca el proyectista.

PERNOS DE FIJACION Y NEOPRENOS



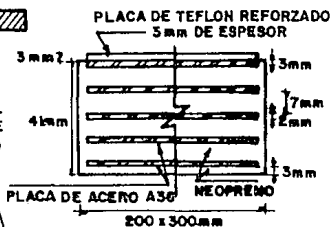
APOYO FIJO



APOYO MOVIL

DUREZA SHORE A-60
CAPACIDAD 72.5 Ton.
TIPO MOVIL, SANDWICH DESLIZANTE

DETALLE ②



VISTA LONGITUDINAL

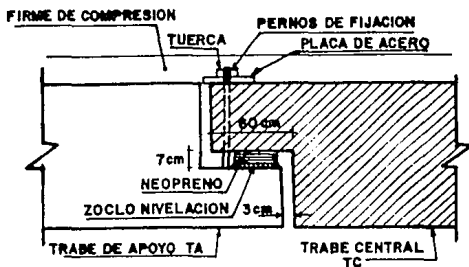


FIG.5.4.a.

5.2 ALMACENAMIENTO EN PLANTA.

Los elementos prefabricados son aquéllos que se elaboran fuera de la obra, generalmente en plantas especializadas, estos elementos pueden ser preesforzados o reforzados.

El almacenamiento de los elementos prefabricados en planta se realizará en los patios de ésta, de forma tal que su suministro a la obra no ocasione que los elementos se estén cambiando de su posición original, asimismo estos elementos se apoyarán sobre polines de madera de sección cuadrada de 10 cm. X 10 cm. (4" X 4") en número tal que dé soporte adecuado a los elementos, la posición de estos polines será como a continuación se indica, para apoyar la traves tipo TC, la ubicación de los maderos se hará en la parte cercana a los extremos de la pieza, dejando libre la parte central, es decir dejando al elemento sólo apoyado en sus extremos. Para el otro tipo de elementos, es decir, para las traves tipo TA, los polines se colocarán en la zona de huecos que presentan las traves, por lo que estos elementos quedarán apoyados presentando un voladizo por extremo.

La manera de retirar los elementos del molde de colado o para moverlos al patio o al transporte, se hará tomando por los ganchos de izaje que se encuentran debidamente indicados en los planos de fabricación, no permitiendo que se sujeten por otra parte que no sea la que se indica.

Las maniobras de carga, descarga y montaje, previa autorización de la Supervisión, contemplarán lo siguiente:

- El manejo y montaje de los elementos precolados, sólo podrán efectuarse después de haberse colocado los dispositivos para el manejo y después de que haya sido aplicado el preesfuerzo inicial o total, y en su caso después de transcurrir 3 días de la inyección del mortero.

- Los dispositivos de manejo, así como la sujeción lateral de las trabes, sólo podrán realizarse cuando éstas queden montadas en su posición de proyecto y debidamente contraventeadas.
- Una vez aplicado el preesfuerzo, los anclajes de los cables se protegerán de acuerdo con las indicaciones de los planos y con la aprobación de la Supervisión.

5.3 TRANSPORTE.

Los elementos prefabricados deben transportarse en unidades adecuadas, tomando en cuenta las dimensiones y el peso de los mismos, así como su trabajo estructural definitivo, para no provocar un incremento de esfuerzos al elemento, lo anterior establece que para transportar las trabes centrales TC, éstas se apoyarán sobre diablos o dollys colocados en los extremos del elemento o cercanos a la zona de ganchos de izaje, sirviendo si es posible, la misma pieza como chasis o estructura de conexión entre tales dispositivos, de la misma manera las trabes de apoyo TA se transportarán sobre los mismos dispositivos, ubicados en la zona de conexión de la trabe con las columnas que es la misma donde la pieza presenta sus ganchos de izaje.

En todos los casos se debe supervisar y verificar las condiciones de sujeción de la pieza, soportes que garanticen su estabilidad y deberá cumplirse además con las disposiciones legales que obligan a llevar letreros con indicaciones de transporte de piezas de largo excesivo, así como escoltar a las unidades de transporte con carros piloto con señales luminosas preventivas.

Cualquier vehículo que no garantice la seguridad del transporte del elemento deberá ser eliminado y sustituido por otro que si lo garantice.

Es importante hacer notar que durante el transporte, las piezas no deban de ser sometidas a fuerzas mayores que las previstas en los cálculos estructurales.

Las traveses TC-3 debido a su gran longitud, es necesario transportarlas en 2 tractocamiones (trailers), que avanzarán uno de frente y el otro en reversa, esto es porque el peso de la pieza no podrá ser descansado sobre un dolly, esto representa un viaje muy lento y coordinado a través de la zona urbana de recorrido.

Para transportar estas traveses TC-3 (45 m. longitud), es necesario realizar un estudio del trayecto, localizando las calles por donde transitará la travesa, cabe hacer el comentario de que son las piezas prefabricadas más grandes de México, y no se tiene gran experiencia en su transporte.

5.4 ALMACENAMIENTO A PIE DE OBRA.

Una vez que las piezas hayan llegado a la obra se procederá a su colocación definitiva, pero si por alguna razón no prevista éste no se pudiera hacer, la pieza quedará de preferencia sobre el sistema de transporte, tal y como salió de la planta, en casos en que esto no fuera posible, entonces se almacenará a pie de obra, procurando que quede lo más cercano a la posición que le corresponda en forma definitiva, para lo cual la pieza se apoyará de la misma manera en que estaba apoyada en el patio de almacenamiento de la planta prefabricadora, procurando cercar de alguna manera para que la pieza quede resguardada de golpes ocasionados por vehículos y/o maquinaria empleada en el desarrollo del proyecto, también se protegerá adecuadamente para evitar que por alguna circunstancia se llegase a voltear trayendo como consecuencia daño a la pieza o elementos cercanos a ella, por ningún motivo se permitirá que estos elementos sirvan de apoyo a otros, es decir que queden apilados, asimismo se mantendrá estricta vigilancia para que los elementos que queden almacenados a pie de obra sean tomados por los vecinos del lugar para pegar o pintar toda clase de propaganda o se haga uso de distracción sobre ellos.

5.5 MONTAJE.

Para la colocación y montaje de los elementos, éstos se sujetarán adecuadamente mediante equipos y sistemas de izaje acordes al tipo y magnitud del elemento por montar, teniendo cuidado que al llevar a cabo el montaje, los elementos se estén sujetando de los ganchos indicados para ello, así como tomar la pieza por montar de acuerdo a su posición y símbolo de orientación según el plano de despiece correspondiente.

Es importante señalar que una vez que se ha empezado con la maniobra del montaje, éste no se suspenderá sino hasta que la pieza haya quedado en su posición definitiva, también se hace hincapié en que las piezas estarán suspendidas mediante el equipo de montaje sólo el tiempo que sea necesario para dicha maniobra, por lo cual el montaje se empezará una vez que la Supervisión haya dado la orden de montaje para lo cual previamente ha verificado la posición y orientación de la pieza, así como que no haya elementos extraños que impidan la colocación en forma definitiva, o que estorben originando adecuaciones sobre la marcha, lo cual ocasiona que la pieza sea suspendida en el aire un mayor tiempo o que sea bajada a tierra mientras se solucionan los problemas que impiden su montaje y colocación definitiva.

Las travesaños que libran el claro más grande del puente son las TC-3, además de ser las más pesadas (160 Ton. en promedio), libran la estación superficial del metro (APATLACO).

Su montaje se realiza en turno nocturno, debido al flujo vehicular del Eje 3 oriente, Francisco del Paso y Troncoso.

Las labores de desvíos de tráfico y bandeo vehicular se recomiendan a partir de las 10:00 hrs.

En esta zona de la vialidad se presentan líneas de trolebús, así que también se realizarán trabajos para efectuar la libranza de los cables.

Es necesario tener contacto con STE (Sistema de Transportes Eléctricos) para que a la hora señalada corten la energía de alta tensión e inmediatamente proceder al desmontaje del cableado, que afectan las maniobras de montaje de traveses.

Una vez terminada la libranza de las líneas de trolebús, se comienzan las maniobras de acercamiento de las piezas, se necesitan 2 grúas con capacidad de 140 Ton., cuando la trabe se ha acercado al cruce con la estación, se engancha a 4 estrobos y se iza con las 2 grúas.

Para cruzar la estación se usa una estructura de metal capaz de soportar el peso de la trabe, sobre esta pieza hay una base móvil que se desplaza en la parte superior de la estructura. La base está construida con placa de acero montada sobre una cadena de rodillos, también de acero (tortuga de arrastre).

Se coloca un extremo de la trabe sobre la tortuga de arrastre, y se irá recorriendo sólo con la grúa que sostiene la parte trasera de la misma trabe.

Cuando se ha atravesado la estación la recibe otra grúa, entonces entre las 2 izan la pieza y la colocan sobre las TA ya montadas.

En caso de ser necesario se traspalearán sobre apoyos en TA más cercanos.

Para colocar las traveses TC es necesario que las traveses TA ya estén montadas en su totalidad, cubriendo los apoyos 2-3,4-5, 6-7, 8-9, pues ellas soportan en sus extremos a las TC.

Su procedimiento para su montaje es similar:

Se realizan labores de acercamiento de la pieza, para lanzar la pieza a los apoyos más alejados se utiliza un balancín de estructura metálica.

Una vez ubicada la pieza, lo más cerca posible, se procede al estrobaje para levantarla con 2 grúas, y la pieza será colocada en los apoyos ya listos, tratando de realizar los menos traspaleos posibles.

Para la ejecución de los montajes, es necesario el trazo de ejes, sobre los capiteles y la trabe, éstos serán de pintura esmalte en forma de palomas triangulares, que serán colocadas con ayuda topográfica especializada.

Los ejes de la trabe deben concordar con los ejes de los capiteles, para evitar que el prefabricado pudiera recorrerse e impedir el montaje de otra trabe.

5.6 APOYOS MOVILES.

Los esfuerzos de trabajo a que se someterá la superestructura implican la construcción de juntas en el firme de compresión, para evitar fracturas o desacomodos de los prefabricados y del mismo firme.

Si acaso el firme trabajará monolíticamente, no habrá manera de absorber los movimientos, ocasionando fallas en zonas de apoyos que pudieran dañar al puente.

Cuando la trabe TC se coloca, descansa sobre el tacón de la TA, sobre esta unión, se construirá una junta que permitirá el movimiento diferencial causado por el funcionamiento del puente y el peso propio de la superestructura. Esta junta fabricada con ángulo metálico y sostenida con varilla, se ahoga al ras del firme de compresión (ver fig. 5.5 y 5.6) tiene posiciones alternadas, por lo que se le llama peine metálico, y es colocado sobre Cellotex para que trabaje

Independientemente de las trabes. Estas partes conforman un APOYO MOVIL, y se habilitan en tramos, incluyendo tapa junta.

Su colocación es simultánea al armado y previa al colado del firme de compresión

Se pone una franja de Cellotex inmediata a las trabes, después el pelne metálico en tramos que se adecuan y soldan ya puestos.

Después del colado se quita la tapajunta y se llena la holgura con chapopote. La colocación de la tapajunta es con cordón de soldadura y siguiendo el sentido del flujo vehicular.

La ubicación de los apoyos móviles se indica en la fig. 5.1.

JUNTA ENTRE TRABES TA Y TC APOYO MOVIL

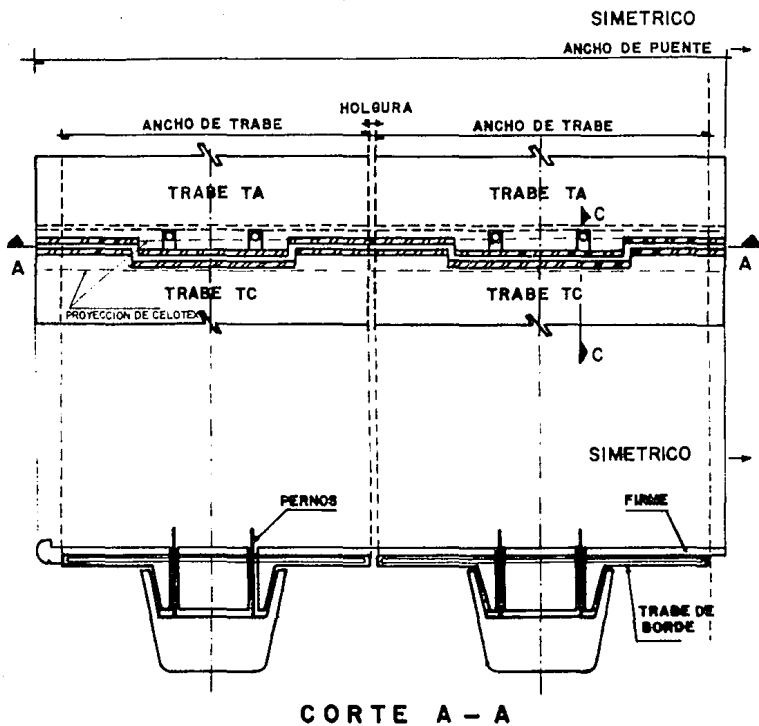
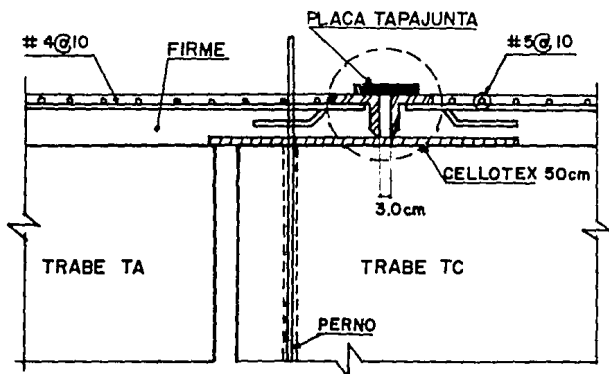


FIG. 5.5

APOYO MOVIL

CORTE C-C



DETALLE

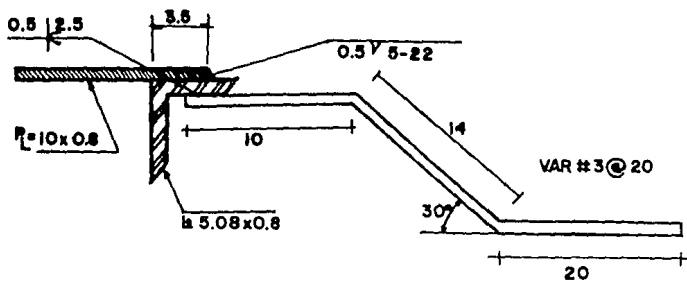


FIG.5.6

5.7 FIRME DE COMPRESION.

Para unir las traveses prefabricadas de la superestructura, se colocará un firme de compresión de concreto armado, el cual estará unido estructuralmente a las traveses con el concreto y el acero que se ha dejado en ellas para este fin (ver fig. 5.5).

Este firme formará el cuerpo de la pista de rodamiento vehicular, y será donde asiente la carpeta asfáltica.

El proceso constructivo es: Colocación del armado, colado y curado.

Las varillas transversales al puente serán del No. 5 a cada 10 y las longitudinales del No. 4 a cada 10.

El colado es con concreto de $f'c = 300 \text{ Kg./cm}^2$ con estabilizador de volumen y será colocado por medio de Bomba Telescópica.

El curado será con curacreto rojo aplicado en las primeras horas de fraguado.

Únicamente estará ubicado sobre las traveses prefabricadas y en las rampas se colará una losa de aproximación de características similares, que no estará unida estructuralmente a los muros de contención, peso sí al muro estribo; y será de 4 m. aproximadamente a partir del estribo.

Durante el proceso constructivo del firme, es necesario dejar las preparaciones para los parapetos de concreto y los peines metálicos en apoyos móviles.

Las dimensiones del firme serán el ancho de la pista de rodamiento y su espesor de 8 cm., el cual en la realidad se verá incrementado por el desfasamiento de las losas superiores de

las traveses para dar el bombeo al centro de la pista de rodamiento.

5.8 PARAPETOS

PARAPETO DE CONCRETO.

En las orillas del puente las traveses prefabricadas terminan con un pretel pecho de paloma, sobre estos pretiles se colocará el parapeto de concreto, que a su vez recibirá el parapeto metálico.

Su función del parapeto de concreto es como estructura de seguridad, ya que funciona como barrera para evitar que los vehículos puedan salirse del puente con facilidad, también funciona como un tope por donde corre el agua de lluvia, que el bombeo del puente lleva a las orillas. Está construido de concreto armado, con seis anclas de No. 6 ahogadas y unidas a una placa metálica, donde se fijará el parapeto metálico. (ver fig. 5.7).

Al colar el firme de compresión se dejarán las preparaciones de acero para colocar el parapeto, el concreto será de 250 Kg./cm. (f'c).

Se usará un parapeto tipo en toda la longitud del puente, y las preparaciones de anclas y placa para recibir los postes del parapeto metálico, se colocarán a 2 metros de separación.

Es necesario tener cuidado en los niveles de terminación del parapeto, pues la carpeta asfáltica es colocada posteriormente y reflejará todas las variaciones de nivel en el parapeto.

Sobre los apoyos móviles se interrumpirá el armado y se pondrá una hoja de Cellotex para formar una junta que permita movimientos al parapeto.

El acabado del parapeto es aparente, la cimbra deberá estar en perfectas condiciones, rehabilitándola cuando no garantice la calidad requerida.

Otro uso del parapeto es como espacio para dar mantenimiento a los parapetos metálicos, como pintura, limpieza, etc.

PARAPETO DE CONCRETO

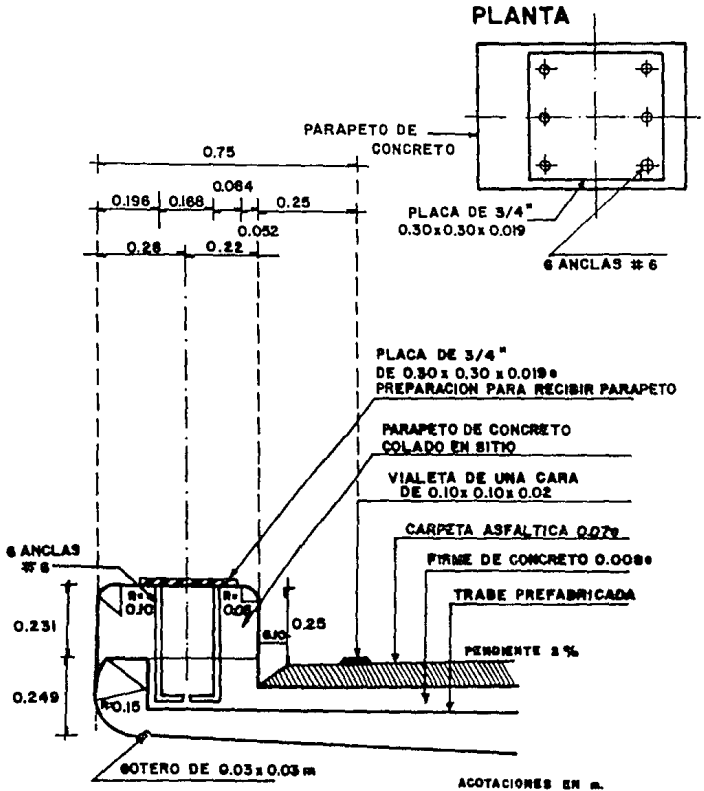


FIG.5.7

PARAPETO METALICO.

El parapeto metálico se desplanta a partir de la preparación dejada en el parapeto de concreto. Consta de postes de tubo de 6" de diámetro, y sostienen tubos de 6" y 4" de diámetro, esto a manera de barandal.

La función de esta estructura metálica es como barras de contención para automóviles, en caso de presentarse un descontrol de los vehículos, y actúa de manera sugestiva, pues causa sensación de seguridad al conductor al momento de transitar por el puente.

A lo largo del puente existen 2 tipos de parapeto, el parapeto de puente y el parapeto de la estación. (ver fig. 5.9).

Estos se asientan sobre la preparación tipo en el parapeto de concreto y su proceso constructivo es similar, cambiando únicamente los diámetros de los tubos que lo conforman.

Para su colocación se cortan y habilitan los postes con equipo de corte (oxígeno y acetileno), se sueldan en las preparaciones.

Cuando se tienen los postes ya preparados, soldados y con los huecos para recibir la tubería perpendicular, se coloca ésta, comenzando con el tubo superior, se puntea, se checa su alineamiento y nivel y se suelda; después se hace lo mismo con el tubo inferior.

Terminados los trabajos de colocación se les da un acabado a base de pintura esmalte, con los colores que estipule la supervisión.

UBICACION DE PARAPETOS METALICOS

(EN ACCESOS NIVEL MEZANINE PARA PUENTE VEHICULAR)

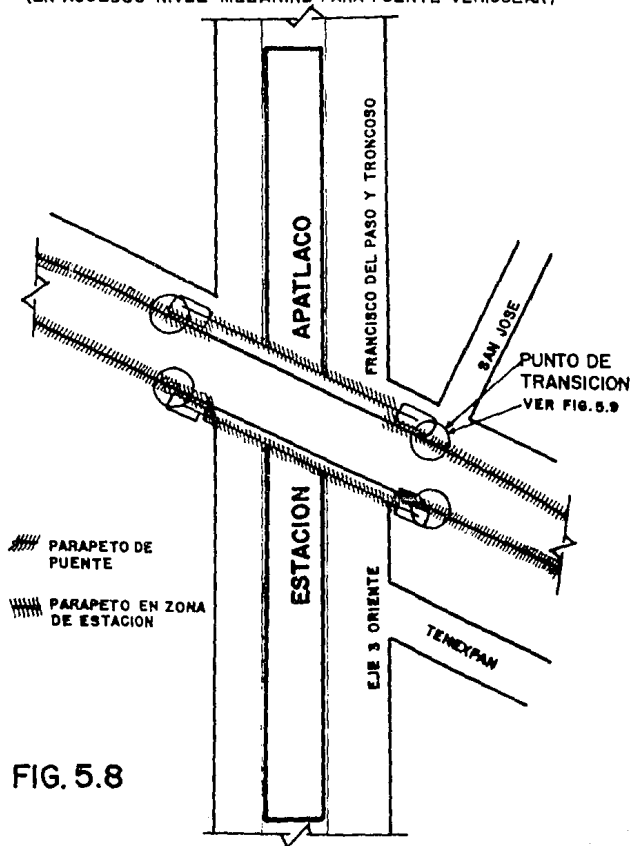


FIG. 5.8

PARAPETO METALICO

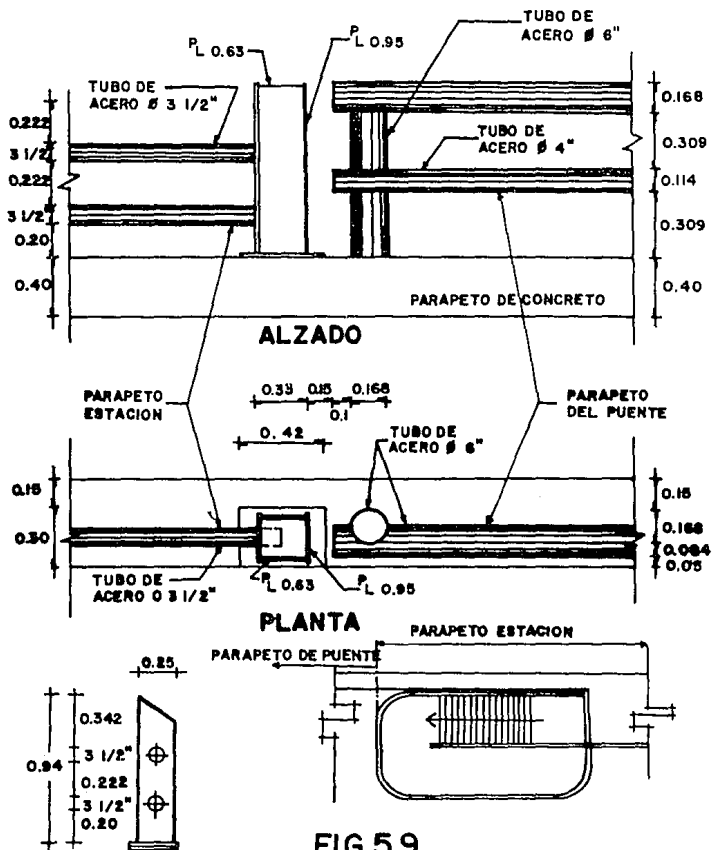


FIG.5.9

CAPITULO VI
TERRACERIAS Y
PAVIMENTOS

VI. TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.

El presente capítulo tiene como finalidad describir el procedimiento constructivo de terraplén aligerado y pavimento del puente vehicular Sta. María la Purísima, ubicado en eje 3 oriente y eje 5 sur.

También se analiza la construcción del pavimento en la zona de peñes sobre los apoyos móviles.

Es necesario que la realización de trabajos tenga un altísimo nivel de calidad; para disminuir las reparaciones y mantenimiento en un máximo posible. A continuación se detallan las actividades para realizar los trabajos mencionados.

6.1 TERRAPLEN ALIGERADO.

Para la construcción del terraplén que salvará el desnivel entre los estribos del puente y el nivel de la vialidad existente deberá procederse de la siguiente manera:

- A partir del estribo y en una longitud que cubra la zona del cajón de cimentación CJ-1, el relleno del terraplén de acceso se formará por dos materiales, tepetate y tezontle que serán colocados a partir del lecho superior de la losa tapa.

- La ubicación de los materiales de relleno de terraplén se realizará de la siguiente manera: En el estribo No. 1, ubicado en el eje 1, el tepetate compactado se colocará en una franja de 8.00 m., sobre el cajón de cimentación a partir del paño exterior del muro tapón más alejado al muro estribo. El espacio comprendido entre la zona del tepetate y el muro estribo, estará ocupado por el tezontle acomodado como se indica en la Figura 6.1.

En el estribo No. 2 localizado en el eje 10, la ubicación de los materiales de relleno se harán de igual forma que en el estribo anterior, con la variación en el ancho de 5.00 m. para el tepetate compactado como se indica en la Figura 6.2.

En las zonas de convergencia de diferentes materiales de relleno, deberá dejarse un traslape de 30 cm. de material, de tal manera que evite la formación de una superficie potencial de falla (Fig. 6.2). Este trabajo se realizará durante el tendido de capas de material para su compactación.

En las zonas donde no haya cajón y el terraplén sea construido sobre terreno natural, se deberá excavar toda el área que ocupa el terraplén a 1.80 m. y a 0.50 m. bajo el nivel de terreno natural, justo junto al cajón de cimentación y en donde dé inicio el terraplén respectivamente.

La excavación se realizará en una sola etapa y con equipo ligero. En caso de existir rellenos no controlados, deberán retirarse en su totalidad.

El fondo de la excavación se escarificará a una profundidad de 15 cm. aproximadamente, retirando cualquier material que pudiera ser nocivo al comportamiento del terraplén, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4", etc. Posteriormente se compactará al 90% (mínimo) respecto a la prueba de AASHTO estándar (T-99), en caso de no ser esto posible, se colocará una membrana geotextil tipo Pavitex o similar.

Tiempo seguido se colocará el relleno aligerado (tezontle) en capas de 50 cm. (máximo) en todo el ancho del terraplén y hasta el nivel de desplante de la capa de sub-base del pavimento.

Las características del material y su colocación se consignan a continuación:

El tezontle por colocar no deberá contener más del 30% de fragmentos mayores a 4" y no más del 5% de fragmentos mayores de 8", la selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco o bien mediante pepena en sitio, no deberá contener partículas finas plásticas.

En el desplante, así como en la rasante de la sub-base se procurará que la granulometría del tezontle sea predominantemente arenosa y preferentemente se ubique dentro del área que ocupan las tres zonas de la Figura 6.4, para garantizar un aspecto cerrado en estas superficies.

El tezontle se colocará en capas de espesor máximo 50 cm, debiéndose acomodar al 95% (mínimo) de su densidad relativa (Dr.), determinada con la norma NOM C-164 (por Impacto). Deberá verificarse un valor relativo de soporte de 20% (mínimo). Este acomodo se realizará con rodillo vibratorio ligero.

El material que pase la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

- Límite líquido 20% (máximo)
- Índice plástico 7 % (máximo)
- Equivalente de arena 70% (máximo)

Durante esta etapa se deberán colocar las estructuras de drenaje o cualquier otra instalación, así como satisfacer los niveles y pendientes de proyecto a fin de mantener constante el espesor del pavimento.

Una vez colocado el relleno aligerado y alcanzado el nivel de desplante de la capa de sub-base, se colocará una cubierta a base de membrana geotextil tipo Pavitex-350 o similar.

Para la contención del terraplén se construirán muros de concreto armado laterales (muros de contención).

Durante la etapa de excavación y colocación del terraplén aligerado deberá contarse en obra con un sistema de bombeo de achique que sea capaz de resolver cualquier eventualidad posible.

TERRAPLEN ALIGERADO CJ-1

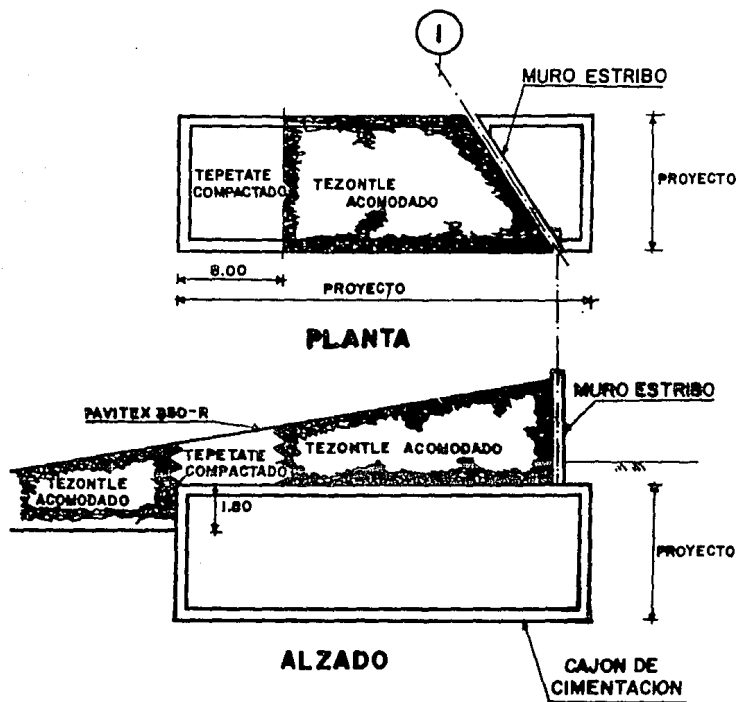


FIG. 6.1

TERRAPLEN ALIGERADO CJ-4

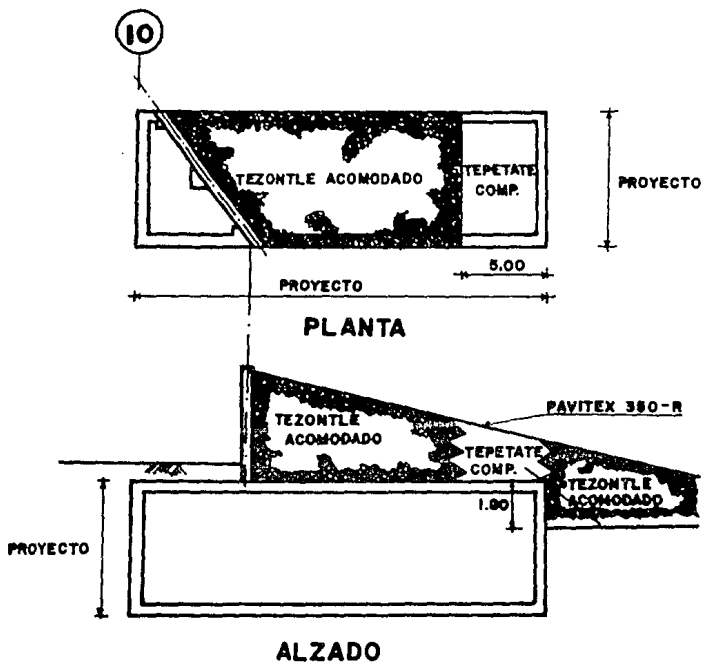


FIG. 6.2

6.2 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO EN DIFERENTES ZONAS DE VIALIDAD.

En las diferentes zonas del puente vehicular donde se pondrá pavimento, la estructura para colocar la carpeta asfáltica variará y se realizará de acuerdo a las características existentes en el lugar determinado para colocar dicha carpeta.

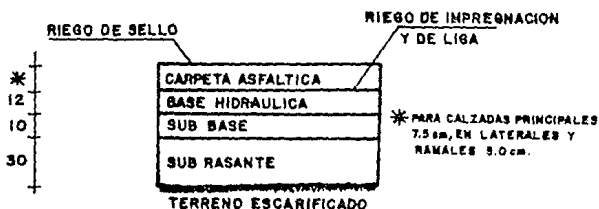
Para las zonas jardinadas o donde no existan pavimentos, se deberá colocar estructura compuesta por una capa sub-rasante, sub-base y carpeta asfáltica. Cuando éste sea el caso, será necesario desplantar una capa de 30 cm. de espesor o bien retirar en su totalidad el suelo que contenga materia vegetal o partículas mayores de 10 cm. y una vez alcanzada la profundidad a la que se desplantará la estructura del pavimento, se deberá escarificar y compactar el fondo de la excavación en un espesor de 0.20 m. hasta alcanzar el 90% de su P.V.S.M. obtenido con respecto a la norma AASHTO estándar T-99-74, variante "A", ver Figura 6.3. (a).

Para el caso en el que el pavimento de proyecto tenga que apoyarse sobre zonas pavimentadas, su construcción se hará en forma directa, picando previamente la carpeta actual y colocando sobre ella una estructura de acuerdo con los casos siguientes:

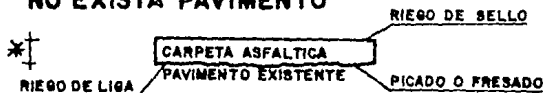
- 1.- Si la rasante de proyecto está 10 cm. o menos por arriba del pavimento actual, se colocará exclusivamente una carpeta asfáltica, la cual en ningún caso deberá ser menor de 5 cm.; por lo que, en caso de no tener este espesor será necesario efectuar un recorte suficiente en la carpeta actual para alojar los 5 cm., previo al tendido de la carpeta se aplicará un riego de liga, ver Figura 6.3 (b).
- 2.- Cuando el nivel de rasante de proyecto se encuentre entre 10 y 20 cm. por arriba del pavimento actual, será necesario dar ese nivel colocando una carpeta y base asfáltica con su respectivo riego de liga, ver Figura 6.3 (c).

- 3.- Cuando el espesor existente entre la rasante de proyecto y el pavimento actual sea mayor de 20 cm., se deberá colocar una carpeta asfáltica y una base hidráulica, incluyendo entre las dos capas los riegos de impregnación y de liga, ver Figura 6.3 (d).

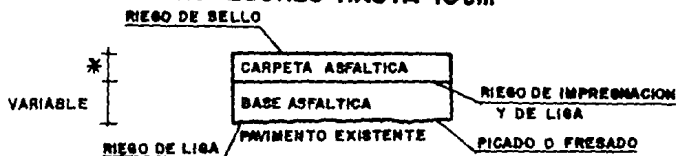
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO



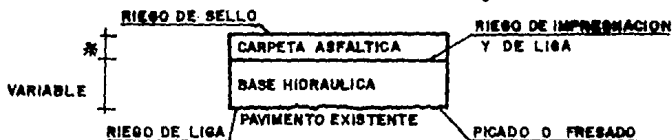
a) PARA ZONAS JARDINADAS O DONDE NO EXISTA PAVIMENTO



b) PARA ESPEORES HASTA 10 cm



c) PARA ESPEORES ENTRE 10 y 20 cm



d) PARA ESPEORES MAYORES DE 20 cm

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOTACIONES EN cm.

FIG. 6.3

El cuerpo del pavimento deberá cumplir con los espesores y características de los materiales, que a continuación se mencionan:

6.3 CAPA SUB-RASANTE.

La capa sub-rasante tendrá un espesor mínimo de 30 cm., la cual se deberá colocar en dos capas de 15 cm de espesor máximo compacto cada una, alcanzando el 95 % de su P.V.S.M. obtenido mediante la norma AASHTO T-99-74.

El material a utilizar para conformar la capa sub-rasante deberá cumplir con las siguientes características:

Tamaño máximo de partículas.	7.6 cm. (3")
Porcentaje que pasa la malla No. 200.	35%
Límite líquido.	Igual o menor que 50%
Límite plástico.	Igual o menor que 25%
Expansión.	3% máximo
V.R.S.	15% mínimo

El V.R.S. deberá medirse sobre especímenes compactados dinámicamente al 100% del peso volumétrico seco máximo con respecto a la norma antes mencionada.

6.4 CAPA SUB-BASE.

Sobre el terraplén aligerado y previa colocación de la membrana geotextil se construirá la capa de sub-base, previa verificación y aceptación. Las características que debe cumplir se enlistan a continuación:

Sobre la capa sub-rasante compactada se tenderá la sub-base, la cual tendrá un espesor de 15 cm. y se colocará en dos capas, compactándolas hasta alcanzar el 95% de su P.V.S.M. obtenido respecto a la norma AASHTO T-180-74, variante "D".

La curva granulométrica de esta capa deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 3 de las curvas mostradas en la Figura 3, el porcentaje del material que pasa la malla No. 200 no deberá ser mayor de 25%; la relación entre el porcentaje que pasa la malla No. 200 y el porcentaje del material que pasa la malla No. 40 no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

En relación con el límite líquido, valor relativo de soporte, equivalente de arena, contracción lineal y valor cementante deberá satisfacer los valores indicados en la Figura 6.4.

Si el material tiene un equivalente de arena igual o mayor que el 35%, se excusará la realización de otras pruebas de plasticidad o de V.R.S.

Por lo tanto las características de la capa de sub-base quedan de la siguiente manera:

- Espesor.	20 cm.
- Compactación AASHTO T-180-74 "D".	95% (mínimo)
- Granulometría.	zona 1-3 Fig. 6.4
- Contenido de finos.	15% (máximo)
- Tamaño máximo.	2"
- Valor relativo de soporte (VRS).	80% (mínimo)
- Equivalente de arena.	30% (mínimo)
- Desgaste Los Angeles.	40% (máximo)
- Valor cementante.	3.5 Kg/cm ² (mínimo)

La fracción que pase la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

- Límite líquido. 30% (máximo)
- Índice plástico. 6% (máximo)
- Contracción lineal. 6% (máximo)

La sub-base se formará con al menos 2 capas, cuyo espesor suelto máximo de cada una sea de 15 cm., debiendo compactar la primer capa preferentemente con rodillo neumático, con la finalidad de que la compactación sea uniforme, dado que este equipo permite la compactación uniforme aún con la presencia de Irregularidades que pudieran quedar en la capa sub-rasante.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA DE MATERIALES PARA SUB-BASE

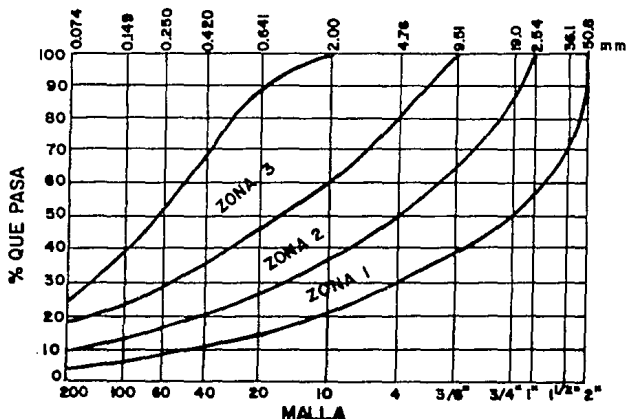


FIG. 6.4

CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS PARA EL MATERIAL DE SUB-BASE.	
LIMITE LIQUIDO (%)	30 MAXIMO
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (%)	80 MINIMO
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	30 MINIMO
CONTRACCION LINEAL (%)	6 MAXIMO
VALOR CEMENTANTE (kg/cm ²)	3.5 MINIMO

6.5 CAPA DE BASE.

Sobre la sub-base se colocará un material de base, cuyo espesor será de 15 cm. este material se colocará en una sola capa.

El material a utilizar en la formación de la base deberá cumplir satisfactoriamente las especificaciones de calidad que se resumen a continuación:

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre los límites inferior de la zona 1 y superior de la zona 2 mostradas en la Figura 6.5 y preferentemente adoptar una forma semejante a las curvas que limitan dicha área. La relación del porcentaje en peso que pasa la malla No. 200 al que pasa la malla No. 40 deberá ser menor de 0.65. El porcentaje en peso que pasa la malla No. 200 deberá ser igual o menor que 15%.

El tamaño máximo de las partículas será de 50.8 mm. (2").

En relación con el límite líquido, valor relativo de soporte, equivalente de arena y valor cementante deberá satisfacer los valores en la Figura 6.5.

Si el material presenta un equivalente de arena superior al 50% y su curva granulométrica se desarrolla en la zona 1 se excusará la ejecución de las otras pruebas de plasticidad y de V.R.S.

El material se tenderá y compactará hasta alcanzar un grado del 100% de su P.V.S.M., obtenido con respecto a la norma AASHTO T-180-74.

El V.R.S. deberá medirse sobre especímenes compactados dinámicamente al 100% de su peso volumétrico seco máximo con respecto a la norma antes citada.

La tolerancia en niveles tanto para la base como para la sub-base será de ± 1.00 cm., debiendo tener las pendientes transversales y longitudinales de proyecto, las cuales deberán darse desde la sub-rasante con el propósito de que los espesores de las capas del pavimento sean uniformes.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA DE MATERIALES PARA BASE

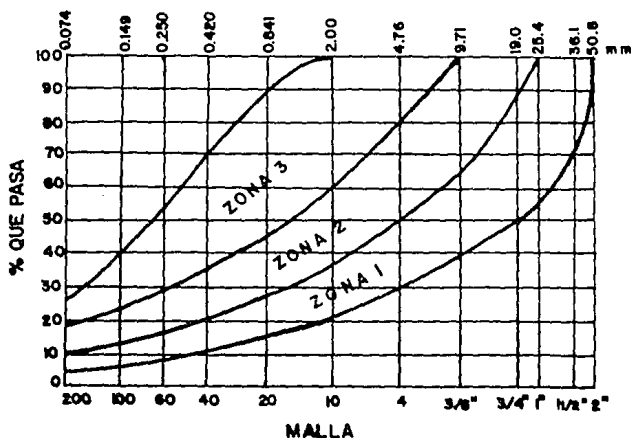


FIG. 6.5

CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS PARA EL MATERIAL DE BASE	
LIMITE LIQUIDO (%) ^a	25 MAXIMO
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (%)	100 MINIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	40 MINIMO
VALOR CEMENTANTE (kg/cm ²)	3.5 MINIMO

6.6 RIEGOS ASFALTICOS.

- RIEGO DE IMPREGNACION.

Sobre la base hidráulica seca y barrida, se aplicará un riego de impregnación usando un producto asfáltico rebajado del tipo FM-1, a razón de 1.5 a 1.8 lt/m². El riego del material asfáltico deberá hacerse de preferencia en las horas más calurosas del día. La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar superficialmente bien adherido al material de la base hidráulica, la penetración del riego no deberá ser menor de 4 mm. y la absorción total deberá presentarse en no más de 24 horas.

Aún sin presentarse depresiones en la superficie de la base hidráulica, el material asfáltico regado pudiera formar charcos, cuando esto suceda, el exceso de material asfáltico acumulado se retirará inmediatamente por medio de cepillos.

La base impregnada deberá ser cerrada al tránsito por un lapso mínimo de 48 horas.

- RIEGO DE LIGA.

Transcurridas 48 horas de aplicada la impregnación de la base se podrá aplicar el riego de liga, siempre que no exista la posibilidad de lluvia y la superficie impregnada se muestre limpia y seca.

El material de riego deberá cumplir con las siguientes características:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| - Producto asfáltico | FR-3 |
| - Relación producto asfáltico/área. | 0.7/m ² |

No se permitirán acumulaciones de producto asfáltico que excedan la especificada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo. Se deberá dejar transcurrir un tiempo no menor de 30 minutos para que el material asfáltico del riego de liga adquiera la viscosidad adecuada.

6.7 BASE ASFALTICA.

Esta capa deberá compactarse al 95% de su peso volumétrico determinado por el procedimiento Marshall y los materiales pétreos que se utilicen para su elaboración, deberán cumplir como mínimo las normas de calidad indicadas en el inciso 6.10, excepto que los valores para los incisos 1) y 2) son los siguientes:

- 1.- La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida dentro de la zona limitada por las curvas mostradas en la Figura 6.6.
- 2.- La contracción lineal será menor de 3%.
- 3.- El desgaste en prueba "Los Angeles" será como máximo 45%. En lo que respecta al concreto asfáltico deberá cumplir con lo indicado en el subtítulo 6.10, excepto lo siguiente:
- 4.- Por ciento de vacíos en la mezcla, respecto al volumen del espécimen será de 3 a 8.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA DE MATERIALES PARA BASE ASFALTICA

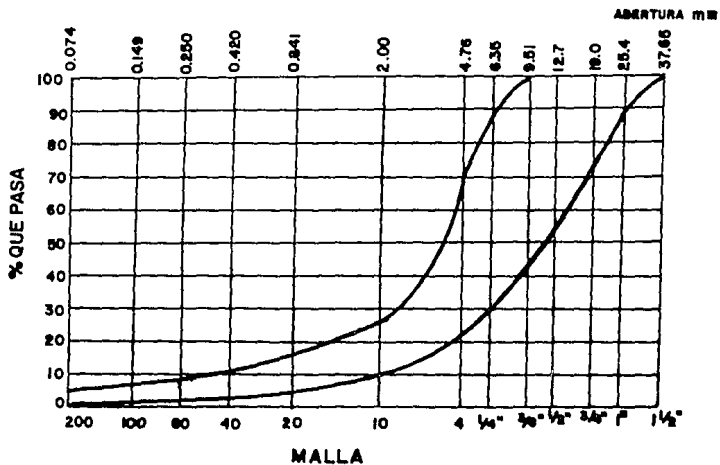


FIG. 6.6

6.8 CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

Sobre la base hidráulica a la que previamente se le aplicaron los riegos de Impregnación y de liga; se construirá la carpeta de concreto asfáltico cuyo espesor será de 7.5 cm. para calles de primera importancia y 5.0 cm. para calles secundarias. El material que se emplee para esta carpeta se preparará con cemento asfáltico No. 6 y material pétreo triturado cuyo tamaño máximo será de 25.4 mm. (1"). Esta capa deberá compactarse al 95% de su peso volumétrico de proyecto de la mezcla determinado con el procedimiento Marshall en especímenes compactados con 75 golpes por cara. El concreto asfáltico deberá cumplir con las especificaciones de calidad que se resumen en el inciso 6.10 de este capítulo. El concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura no menor de 110 grados centígrados con un espesor uniforme; inmediatamente después del tendido y cuando la temperatura del mismo esté entre 80 y 110 grados centígrados, se deberá planchar uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo Tandem de 6 a 8 toneladas de peso para dar acomodo inicial a la mezcla, este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a "media rueda", a continuación se compactará la carpeta en formación utilizando compactadores de llantas neumáticas de 4 a 7 ton.; inmediatamente después se volverá a planchar con un rodillo liso de 12 ton. para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas, la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura no menor a 70 grados centígrados. No deberá tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando esté lloviendo.

En resumen se puede establecer que transcurridos 30 minutos de la aplicación del riego de liga, se colocará la mezcla asfáltica que formará la carpeta, debiendo cumplir con las siguientes características:

- Espesor.	7.5 cm.
- Compactación Marshall.	95% (mínimo)
- Temperatura de colocación.	110 °C (mínimo)
- Temperatura de compactación.	100-110 °C
- Temperatura de terminado.	70 °C (mínimo)

La carpeta se formará con 2 capas de 3.75 cm. que garanticen la compactación. No deberá tenderse mezcla asfáltica sobre una base húmeda, encharcada o cuando existan evidencias de lluvia. Las características del material pétreo, mezcla asfáltica y cemento asfáltico deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

MATERIAL PETREO.

- Granulometría.	zona I, fig. 6.7
- Tamaño máximo.	38 mm.
- Contenido de finos.	4% (máximo)
- Desgaste "Los Angeles".	30% (máximo)
- Partículas de forma alargada.	25% (máximo)
- Absorción (sanidad).	7% (máximo)
- Equivalente de arena.	60% (mínimo)

MEZCLA ASFALTICA.

Deberá cumplir con los siguientes requisitos, de acuerdo al procedimiento Marshall.

- Número de golpes por cara.	75
- Estabilidad.	700 Kg. (mínimo)
- Flujo.	4 mm. (máximo)
- Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla.	12% (mínimo)
- Porcentaje de vacíos en la mezcla respecto al volumen del espécimen.	3-5%

CEMENTO ASFALTICO.

- Tipo.	No. 6
- Penetración.	80-100 grados
- Viscosidad Saybolt-Furol (a 135°C).	85 (mínimo)
- Punto de inflamación (copa Cleveland).	232 °C (mínimo)
- Punto de reblandecimiento.	45-52°C
- Solubilidad en tetracloruro de carbono.	99.5% (mínimo)

Prueba de la película delgada 50 cm³, 5 h. 163 °C.

- Penetración retenida.	50% (mínimo)
- Pérdida por calentamiento.	1% (máximo)

La afinidad con el material pétreo deberá cumplir cuando menos con dos de los siguientes requisitos.

- Desprendimiento de asfalto por fricción.	25% (máximo)
- Cubrimiento con asfalto.	90% (mínimo)
- Pérdida de estabilidad por inmersión en agua.	25% (máximo)

La curva granulométrica del material pétreo deberá cumplir con los límites indicados en la franja que se muestra en la Figura 6.7, con las tolerancias que se muestran en la tabla ubicada en la mitad inferior de la misma.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA DE MATERIALES PARA CARPETA

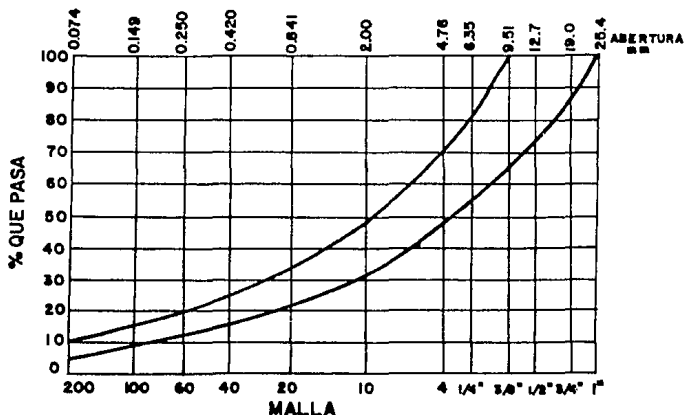


FIG. 6.7

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA EN PORCIENTO EN PESO DEL MATERIAL PETREO.
CORRESPONDIENTE AL TAMAÑO MÁXIMO.	RETENIDO EN LA MALLA	
	4.76 mm No. 4	± 5
- 4.76 mm No. 4	2 mm No. 10	± 4
2 mm No. 10	0.42 mm No. 40	± 3
0.42 mm No. 40	0.074 mm No. 200	± 1
0.074 mm No. 200	- - - -	± 1

6.9 RIEGO DE SELLO.

Una vez recibida la carpeta asfáltica y que ésta haya adquirido la temperatura ambiente, debe barrerse y dejarse libre de impurezas, para posteriormente aplicar cemento Portland tipo I en seco a razón de 0.75 Kg/m² tallándose enérgicamente con cepillos de fibra contra la superficie a fin de que penetre en la carpeta asfáltica. Después se adicionará agua a razón de 1 a 1.5 lts/m² aproximadamente, para formar una lechada de consistencia media la cual se distribuirá y tallará en la forma descrita y con la misma herramienta, hasta lograr una superficie uniforme.

La conexión entre los pavimentos existentes y los del puente (nuevos) se realizará de forma escalonada, conservando cada escalón un ancho mínimo de 30 cm.

En caso de que la estructura nueva presente espesores de capas diferentes a los existentes se deberá considerar una zona de transición con una longitud de 3 m. (mínimo).

La junta entre la carpeta (nueva con existente) deberá realizarse previo retiro de partículas sueltas y flojas que muestren éstas, así como un riego de liga en la pared vertical entre ambas.

La carpeta que se coloque sobre el firme estructural del puente deberá cumplir con las mismas características, con la salvedad de que ésta tendrá un espesor de 7.5 cm. omitiendo el riego de impregnación, únicamente se aplicará con riego de liga sobre el firme estructural que deberá de presentar una superficie regular, libre de partículas sueltas y perfectamente seca.

En los pavimentos que son de carácter TEMPORAL, como la zona de bandeo vehicular y regresivo, se deberá formar la superficie de rodamiento en aquellos sitios donde no exista pavimento anterior, por medio de una sub-base de 30 cm. de

espesor y una carpeta de 5 cm., ambas deberán cumplir con las características para cada una de ellas descritas en este capítulo (VI).

En los lugares donde exista pavimento anterior, se deberá realizar un bacheo y formar la superficie de rodamiento, por medio de riegos o a base de mezcla asfáltica (carpeta de 5 cm.), dependiendo del tiempo en que ésta se utilice.

Estos procedimientos y especificaciones se complementan con los planos de proyecto geométrico, arquitectónicos, de obras inducidas, así como cualquier otro que intervenga en el proyecto general.

6.10 REQUISITOS DE CALIDAD EN LOS MATERIALES PÉTREOS PARA CONCRETO ASFÁLTICO.

Los materiales pétreos que se utilicen para la elaboración del concreto asfáltico deberán cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones de calidad.

- 1.- La contracción lineal será menor de 2%.
- 2.- El desgaste en prueba "Los Angeles" será menor de 40%.
- 3.- Las partículas que tengan forma alargada o de laja no excederá de 35% del total.
- 4.- El equivalente de arena será mayor de 55%.
- 5.- En lo que respecta a la afinidad del material pétreo con el asfalto usado, se deberán cumplir satisfactoriamente dos de las tres siguientes especificaciones:
 - 5.1 El desprendimiento por fricción no excederá de 25%.
 - 5.2 El cubrimiento por asfalto determinado por el método inglés no será menor de 90%.
 - 5.3 La pérdida de estabilidad por inmersión en agua, no será mayor de 25%.

El concreto asfáltico que se utilice en la construcción de la carpeta deberá cumplir con los siguientes requisitos,

determinados por el método Marshall en especímenes compactados con 75 golpes por cara.

- | | |
|--|----------------|
| 1.- Estabilidad. | 700 Kg. mínima |
| 2.- Flujo. | 2 a 4.0 mm. |
| 3.- Porcentaje de vacíos en la mezcla, respecto al volumen del espécimen: | 3 a 5 |
| 4.- Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla: | 12 mínimo |

6.11 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA EN LA CONSTRUCCION.

Durante la construcción de los pavimentos deberán efectuarse las pruebas de control de calidad que en número mínimo se indican en la Figura 6.8, mediante estas pruebas se constatará que se cumplen las especificaciones de calidad consignadas en los temas anteriores, también deberán llevarse a cabo mediciones de espesores de capas y nivelaciones, para verificar que la geometría obtenida en el pavimento está dentro de las tolerancias que también se establecen en estas especificaciones.

De no cumplirse con los requisitos de calidad y/o de tolerancia geométrica, la capa o capas defectuosas deberán ser repuestas con cargo al contratista.

6.12 PRUEBAS EN MATERIAL DE BANCOS DE PRESTAMO.

Se deberán efectuar periódicamente muestreos de material de los bancos de préstamo. Con las muestras colectadas se llevarán a cabo las pruebas de laboratorio necesarias para determinar las propiedades indicadas

anteriormente para los materiales de las distintas capas y constatar que se satisfacen las restricciones establecidas.

La frecuencia con que se realicen estos muestreos dependerá del cambio de homogeneidad que se observe en el material del frente de explotación en el banco, a juicio de la dirección de la obra, sin embargo, deberán efectuarse como mínimo una serie de pruebas por semana.

6.13 MEDICIONES EN SUB-BASE COMPACTADAS.

Para dar por terminada la construcción de la sub-base y base se verificarán el perfil, compactación, espesor, acabado y deberán satisfacerse las siguientes tolerancias:

- 1.- La profundidad máxima de las depresiones observadas colocando una regla de 3 m. de longitud, paralela y normalmente al eje será de 1.5 cm.
- 2.- En los puntos de verificación de espesores por sondeo y nivelación, situados como se indica en la Figura 6.8, los espesores medidos deberán cumplir con las siguientes restricciones:

Para la sub-base y base:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \tilde{e})^2 + (e_2 - \tilde{e})^2 + \dots + (e_n - \tilde{e})^2}{n}} \leq 0.12e$$

$$\forall |e_r - \tilde{e}| \leq 0.12 e$$

En donde:

$e_1, e_2, \dots, e_n,$

$$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$

En el 90% de las mediciones realizadas como mínimo.

e = Espesor de proyecto.

e_r = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

\bar{e} = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n = Número de verificaciones del espesor

Se nivelará la corona de la sub-rasante terminada en cada una de las secciones transversales indicadas en la Figura 6.8, empleando un nivel fijo. Una vez terminada la sub-base o la base según sea el caso, se volverán a nivelar los mismos puntos. A partir de las cotas de ambas nivelaciones se obtendrán los espesores de la sub-base y base compactada.

- 3.- La distribución de los sitios donde se lleven a cabo los sondeos para las verificaciones simultáneas de compactación y de espesor en capas, deberá ser la indicada en la Figura 6.8.

La compactación medida en los sondeos efectuados no deberá ser menor que la especificada por cada capa.

Se tomarán en cuenta las siguientes precauciones al efectuar los sondeos de verificación:

- a.- No deberá dañarse la parte contigua a los sondeos.
- b.- Después de la medición de compactación y de espesor se deberá rellenar el hueco en cada uno de los sondeos usando el mismo tipo de material y se deberá enrasar y compactar hasta la superficie original de la sub-base o base.

6.14 PRUEBAS EN LA CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO.

- 1.- Para que pueda considerarse adecuado el tendido y compactación de la carpeta asfáltica se deberán cumplir los siguientes requisitos:
 - a.- El contenido de asfalto en el material podrá variar como máximo en un 5.0% del óptimo en peso con respecto al dosificado en la planta de elaboración.
 - b.- El contenido de agua libre no será mayor de 1% del peso de concreto asfáltico.
 - c.- La mezcla no contendrá solventes.

- 2.- La mezcla asfáltica usada para la carpeta una vez tendida y compactada deberá tener un valor de permeabilidad menor de 10%. La distribución de los puntos en donde deberán efectuarse las pruebas de permeabilidad se muestran en la Figura 6.8. Las pruebas deberán efectuarse después que la carpeta se haya terminado de construir.

- 3.- Para dar por terminada la construcción de la carpeta asfáltica, se verificará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, para constatar que son acordes con el proyecto y que cumplan las siguientes tolerancias:
 - a.- La profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3 m. de longitud paralela y normal al eje de la vialidad, será de 0.5 cm. como máximo.
 - b.- En los sondeos para verificación de espesor y en los puntos donde se realicen las nivelaciones para determinar espesores, los cuales deberán situarse con la distribución que se indica en la Figura 6.8, los espesores medidos de la carpeta deberán cumplir las siguientes restricciones:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.11e$$

$$|e_r - \bar{e}| < 0.2e$$

Donde:

$e_1, e_2, \dots, e_n,$

$$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$

En el 95% de los casos como mínimo.

e = Espesor de proyecto.

e_r = Espesores reales medidos en los sondeos y nivelaciones.

\bar{e} = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de medición.

n = Número de mediciones de espesor real, hechas en un tramo de un kilómetro de largo o menor.

En las nivelaciones para obtener espesores de la carpeta se nivelará la superficie terminada en dicha carpeta en las secciones transversales indicadas en la Figura 6.8, coincidiendo con los puntos en que se niveló la capa de base. Dicho espesor se obtendrá de la diferencia de cotas entre las dos nivelaciones mencionadas, las cuales deberán ser cerradas y verificadas.

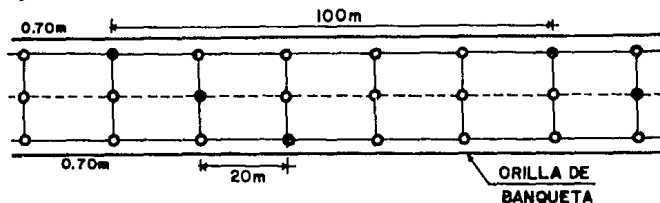
Al efectuar los sondeos para la verificación simultánea de compactación y espesor de la carpeta, no deberá dañarse la parte contigua a los sondeos; el hueco formado deberá rellenarse una vez efectuadas las mediciones, empleando el concreto asfáltico con que se construyó la carpeta, compactándolo y enrasándolo con la superficie original.

Notas Importantes.

- 1.- La prueba AASHTO T-99-74 mencionada en esta especificación, deberá elaborarse usando la variante "A" con una energía de 6.03 Kg-cm/cm^3 .
- 2.- La prueba AASHTO T-180-74 mencionada en esta especificación, deberá elaborarse usando la variante "D" con una energía de 16.4 Kg-cm/cm^3 .

PUNTOS DE VERIFICACION

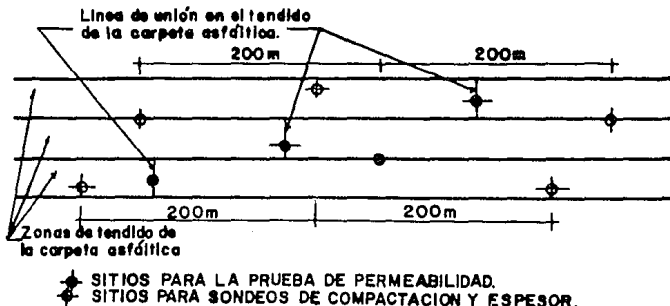
DISTRIBUCION DE LOS SONDEOS PARA VERIFICAR EL ESPESOR Y COMPACTACION DE LA SUB-BASE y/o BASE HIDRAULICA.



- PUNTOS DE SONDEO Y NIVELACION.
- PUNTOS DE NIVELACION.

FIG. 6.8

DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN LA CARPETA



- ⊗ SITIOS PARA LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD.
- SITIOS PARA SONDEOS DE COMPACTACION Y ESPESOR.

6.15 CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LA CARPETA EN ZONA DE PEINES SOBRE LOS APOYOS MOVILES.

Debido al movimiento en la unión de trabes y firmes de compresión ubicados en los apoyos móviles del puente, la carpeta asfáltica es deteriorada con mayor frecuencia en zonas aledañas a los peines metálicos que conforman un apoyo móvil.

A continuación se detalla el procedimiento constructivo que rige la construcción y mantenimiento de la carpeta en la zona de "peine", localizados sobre los apoyos móviles en la pista de rodamiento del puente vehicular "Sta. María Purísima".

I. CONSTRUCCION.

Con la finalidad de evitar el agrietamiento de la carpeta en la junta (zona de peines), localizada sobre los apoyos móviles del puente y previo a la colocación de la carpeta asfáltica, se colocará en un ancho de 2.00 m., un geotextil tipo Pavitex 1125 o similar.

Las actividades a realizar serán las siguientes:

- 1.1 Colocado y fraguado el firme estructural se procederá a rellenar las fisuras existentes en toda el área, con producto asfáltico tipo FR-3.
- 1.2 De ser necesario, se colocará una capa reniveladora de concreto asfáltico de 1.50 cm. de espesor (máximo). Las características serán las mencionadas en la especificación correspondiente del mismo proyecto, y se compactará de tal forma que se obtenga una superficie cerrada.
- 1.3 Limpia y libre de partículas sueltas la superficie, se procederá a realizar un riego de cemento asfáltico No. 6, a

razón de 1 1/m² sobre el área en cuestión, y posteriormente se colocará el geotextil (PAVITEX 1125 o similar). En caso de utilizar un geotextil similar al antes especificado, éste deberá cumplir con las especificaciones del PAVITEX 1125. El geotextil deberá colocarse bajo supervisión y responsabilidad del proveedor.

- 1.4 Colocado el geotextil, se procederá a colocar el riego de liga en toda el área por asfaltar, debiendo cumplir con la especificación correspondiente. Durante esta etapa deberá saturarse el geotextil con el mismo producto, sin que éste llegue a encharcarse.
- 1.5 Transcurridos 30 minutos, se procederá a colocar la carpeta asfáltica conforme a las especificaciones correspondientes.

I I. REHABILITACION O MANTENIMIENTO.

La rehabilitación o mantenimiento de la junta localizada sobre los apoyos móviles se realizará cuando el espesor de la grieta en la carpeta asfáltica sea mayor a 3 mm.

Previo a la rehabilitación del pavimento en la zona de peñes será necesario suspender cualquier tipo de tráfico a través del mismo, mientras se ejecuten las actividades; en caso de existir posibilidad de lluvia se suspenderán las actividades.

Las actividades a realizar serán las siguientes:

- 1.1 Se deberá retirar el pavimento en un mínimo de 1.15 metros a partir del eje del peine (Fig. 6.9), y en una profundidad de al menos 5 cm.
- 1.2 Retirado el pavimento se procederán a rellenar las fisuras existentes en toda el área, con producto asfáltico tipo FR-3.

- 1.3 Posteriormente se colocará una capa reniveladora de concreto asfáltico de 1.5 cm. de espesor con las características mencionadas en la especificación referente a la construcción de la carpeta asfáltica, y se compactará de tal forma que se obtenga una superficie cerrada y tersa (Fig. 6.9).
- 1.4 Limpia y libre de partículas la capa reniveladora, se procederá a realizar un riego de cemento asfáltico No. 6 a razón 1 l/m² sobre el área en cuestión, y posteriormente se colocará un geotextil tipo PAVITEX 1125 o similar en toda el área descubierta.
- 1.5 Colocado el geotextil se procederá a saturarlo con cemento asfáltico No. 6 a razón de 0.90/m².
- 1.6 Transcurridos 30 minutos se procederá a colocar la carpeta asfáltica en un espesor tal que dé los niveles existentes de carpeta, y además cumpla con la especificación antes mencionada.

REABILITACION Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO EN APOYOS MOVILES

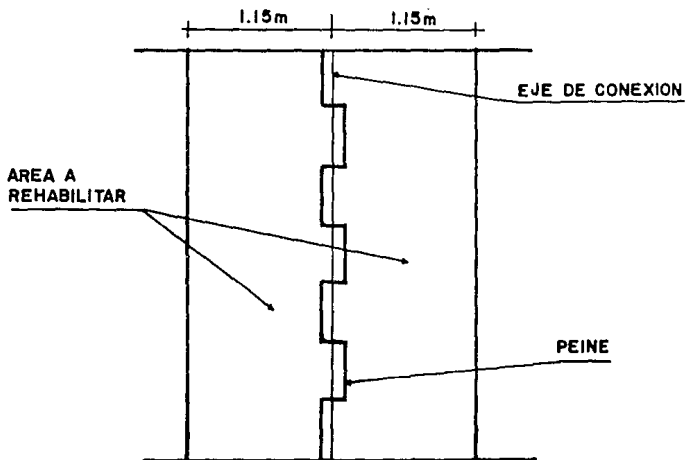
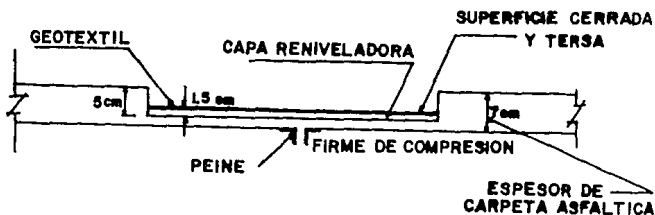


FIG.6.9



CAPITULO VII

CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES.

El desarrollo de este trabajo, aunado a la experiencia personal, sirve para establecer parámetros confiables para una planeación constructiva de puentes con el sistema de apoyos con columnas y prefabricadas. Puede además contribuir a la comprensión del proyecto por las descripciones impresas en cada capítulo.

En ocasiones el Ingeniero residente, cuenta únicamente con el plano de cierta estructura, surgiendo la necesidad de plantear un proceso constructivo para fabricarla. La lectura del capítulo correspondiente le será de gran utilidad pues los procesos descritos pueden ser adaptados a cualquier puente de este tipo, o tal vez le den la pauta para elaborar un proceso propio.

Llevar el proyecto a la realidad física significa cumplir con la solución del problema de dar continuidad al eje 5 sur "Sta Marfa Purísima"; salvando en su claro central la estación Apatlaco de la línea 8 del Metro.

Este tipo de puentes son demasiado versátiles en cuanto a construcción, pues permiten flujo vehicular cuando se encuentran en obra, además son muy rápidos en su fabricación, debido a que las trabes prefabricadas y la estructura de cimentación y soporte pueden ser fabricadas simultáneamente.

El montaje de prefabricados se realiza en un lapso muy corto, y no afecta los procesos constructivos de los apoyos.

Un puente con el mismo panorama estructural puede ser edificado y puesto en circulación en un período de tiempo aproximado de 8 a 12 meses; incluyendo su cimentación.

Con respecto a su funcionamiento los puentes con estas características , resuelven problemas de tráfico y distribución vehicular, de una manera relativamente rápida y económica, adecuándose constructivamente a las condiciones de grandes masas de transeúntes y vehículos en las zonas urbanas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- **TOPOGRAFIA MODERNA**
Russell C. Brinker/ Paul R. Wolf

Harper & Row Latinoamericana (HARLA)
México, D. F., 1982.
- **BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCIÓN** (Apuntes). Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
División de Ingeniería Civil, Topografía y Geodésica
México, D. F., 1981.
- **¿QUE ES EL CONTROL DE CALIDAD?, LA MODALIDAD JAPONESA**, Kaory Ishikawa. Editorial Horma. Colombia, 1986
- **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREESFORZADO.** T.Y.Lin Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México D. F., 1985
- **METODOS, PLANTEAMIENTO Y EQUIPO DE CONSTRUCCION**
Peurifoy R. L. Enero de 1975.
- **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONCRETO Y ACERO.** COVITUR. Costos y Concursos Oct 8, 1992.
- **CONSULTA EN FOLLETOS Y REVISTAS SOBRE Maquinaria de construcción.**
- **MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES B GEOTECNIA. 2.3 ESTRUCTURAS DE TIERRA. 2.4 CIMENTACIONES.** Instituto de Investigación eléctricas. Comisión Federal de Electricidad México, 1979
- **CONSTRUCCION DEL METRO**
Procedimiento Constructivo del Muro Milán
Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
México, Agosto 1991.