

109

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON**



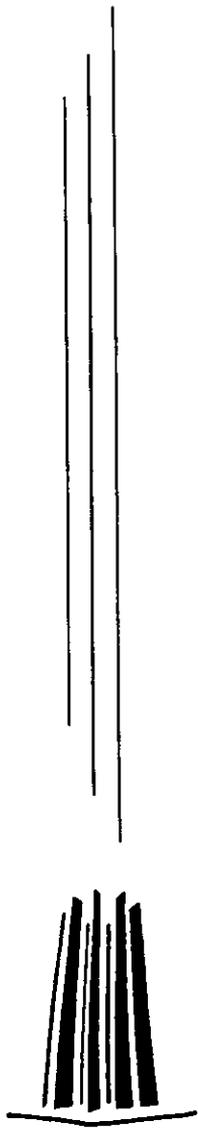
**"DURMIENTES DE CONCRETO PRESFORZADO
"COMECOP" PARA LOS FERROCARRILES MEXICANOS"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
ORTIZ ZARATE HUGO

ASESOR:
ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA

283895

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO AGOSTO 2000





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

HUGO ORTIZ ZÁRATE
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 22 de marzo del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ PAULO MEJORADA MOTA pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "DURMIENTES DE CONCRETO PRESFORZADO "COMECOP" PARA LOS FERROCARRILES MEXICANOS", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 22 de marzo de 2000
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Secretaría Académica.
c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

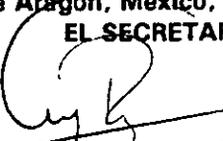
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 11 de julio del año en curso, por la que se comunica que el alumno HUGO ORTIZ ZÁRATE, de la carrera de Ingeniero Civil, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "DURMIENTES DE CONCRETO PRESFORZADO "COMECOP" PARA LOS FERROCARRILES MEXICANOS", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 11 de julio del 2000
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/VER/vr


CON GRAN CARIÑO:

A MI ESPOSA LUPITA
A MI HIJO VICTOR HUGO

QUIENES SIEMPRE HAN SIDO MI RAZON DE SUPERACION Y MI APOYO.

CON RESPETO Y AGRADECIMIENTO PARA MIS PADRES:

ALEJANDRO ORTIZ RAMIREZ
EVANGELINA ZARATE DE ORTIZ

A MIS HERMANOS:

FRANCISCO	ALEJANDRO	RAMIRO
SILVIA	MIGUEL	
ABEL	GABRIEL	

A LAS FAMILIAS:

CRUZ HERNANDEZ
HERNANDEZ PADILLA

QUIENES SIEMPRE ME HAN APOYADO EN LOS MOMENTOS DIFICILES.

A LAS PERSONAS QUE ME HAN APOYADO INCONDICIONALMENTE TANTO EN EL
DESARROLLO DE MIS ACTIVIDADES COMO PARA LA ELABORACION DEL PRESENTE
TRABAJO:

ANGEL E. HERNANDEZ ALARCON
MARCOS VARGAS SANCHEZ
SERGIO GONZALEZ BUENROSTRO
ISMAEL CABALLERO JIMENEZ
ANDRES SOBERANES HERNANDEZ
PEDRO TORRES OLVERA

Y EN GENERAL A TODAS LAS PERSONAS CON LAS QUE CONVIVO EN LA EMPRESA
COMECOP.

MI ESPECIAL AGRADECIMIENTO A:

EMMA EDITH PRADO MORALES
SELENE SANTILLAN NAVARRO

QUIENES ME APOYARON INCONDICIONALMENTE PARA LA MECANOGRAFIA DE
ESTE TRABAJO.

INDICE.

	PAGINA
I.- INTRODUCCION	1
II.- ANTECEDENTES	3
III.- DEFINICIONES Y PRINCIPIOS	12
IV.- CARGAS Y ESFUERZOS EN LA VIA	33
V.- PROYECTO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DEL DURMIENTE DE CONCRETO PRESFORZADO "COMECOP"	51
VI.- FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE "COMECOP"	66
VII.- PRUEBAS ESTATICAS Y DINAMICAS EN EL DURMIENTE "COMECOP", APLICANDO NORMAS AREMA	165
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFIA	175

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

El material tradicional para los durmientes en la mayoría de países ha sido la madera. Esta cuando es de calidad adecuada y se trata química y mecánicamente, satisface en forma razonable los requisitos de un buen durmiente.

La desventaja de estos durmientes esta en la escasez del material para su elaboración, el ataque de organismos animales y vegetales a los que están expuestos y el deterioro por intemperismo que puede ocasionar su destrucción en plazos cortos (hasta 2 años).

En nuestro país debido a las vedas establecidas desde hace años en algunos de los estados de mayor producción de durmientes, se ha incrementado el problema de no contar con suficientes durmientes para cubrir las necesidades.

Como consecuencia de lo anterior, es necesario instituir dentro del sistema ferroviario el uso de durmientes prefabricados de concreto presforzado tanto para la construcción de nuevas vías así como para el programa de renovación de vías férreas existentes.

El durmiente de concreto presforzado es hoy en día el tipo de durmiente de mayor uso. Se estima que hay mas de 120 millones de durmientes se han utilizado en vías de ferrocarril a partir de 1972. El uso extensivo de este tipo de durmientes en todo el mundo indica que se ha situado como una parte importante de la estructura de vía moderna.

El presente trabajo se ha realizado con la finalidad de ofrecer un conjunto de conocimientos más amplios acerca del comportamiento del durmiente de concreto presforzado "COMECOP" justificando su uso en las vías del Sistema Ferroviario Nacional, demostrando además que es una buena opción dentro del mercado.

Para lograr estos objetivos, el desarrollo del mismo se ha planteado en ocho temas divididos de la siguiente forma:

En los capítulos II y III se presentan de una manera breve los aspectos relacionados al uso del durmiente de concreto presforzado, su comportamiento y las diversas pruebas a las que ha sido sometido en ámbitos técnicos de Norte América. Así mismo se da una serie de definiciones que son necesarias conocer para el mejor entendimiento del tema.

En el capítulo IV se presenta un resumen de las cargas y esfuerzos más significativos que se llegan a generar sobre la vía y que por consecuencia afectan la vida útil del durmiente.

El capítulo V consiste en el desarrollo del proyecto estructural del durmiente. Aquí se presentara de una forma breve y sencilla cuales fueron las consideraciones tomadas en cuenta para dimensionamiento, análisis de fuerzas sobre el durmiente y revisión de esfuerzos debido a dichas fuerzas.

En el capítulo VI se presentan las diversas etapas del proceso necesarias para la fabricación del durmiente de concreto presforzado. Así mismo se mencionan cuales son las características requeridas para los materiales empleados en dicho proceso (acero de presfuerzo, agregados, agua, etc.).

En el capítulo VII se presentan las diversas pruebas estáticas y dinámicas de laboratorio a las que debe de sujetarse el durmiente de concreto presforzado. Esto de acuerdo a lo indicado por las normas A.R.E.M.A. Se presentan también resultados obtenidos al realizar estas pruebas al durmiente "COMECOP"

Por ultimo en el capítulo VIII se presentaran una serie de recomendaciones necesarias para el mejor funcionamiento del durmiente como parte de la estructura de la vía y que servirán para alargar su vida útil.

CAPITULO II.- ANTECEDENTES

BREVE HISTORIA DEL USO DEL DURMIENTE DE CONCRETO A NIVEL MUNDIAL Y EN MEXICO.

Existen diversas causas que han influido para uso del concreto en la fabricación de durmientes. Entre las principales podemos citar las siguientes:

- El temor de que el aprovechamiento de durmientes de madera fuera insuficiente.
- La necesidad de conseguir un durmiente más durable y más resistente que los durmientes de madera y que permitiera diseñar una vía moderna que sustituyera ventajosamente la vía clásica.

Se sabe que durante el periodo de 1880 a 1914 se realizaron los primeros proyectos, que en algunos casos se completaron con ensayos prácticos.

Como consecuencia de la dificultad para conseguir madera y con motivo del notable avance tecnológico del concreto, durante la primera guerra mundial se intensificó el estudio metódico del problema que culminó con el establecimiento de las primeras fabricas productoras de durmientes de concreto, de 1920 a 1940.

Durante este periodo, se fabricaron durmientes monoliticos de concreto con características geométricas similares a los de madera y también durmientes mixtos, formados por dos bloques de concreto armado unidos entre sí por una barra metálica que mantiene el escantillon de la vía.

Al primer tipo pertenece el durmiente "Orion" estudiado por M. Lefranc, de los cuales en el periodo de 1928 a 1933 se colocaron alrededor de 200.000 unidades en varias líneas. Ejemplo del segundo caso es el durmiente "Vagneux" utilizado en la línea en París a Clermont-Ferrand y en varias vías férreas de Africa del norte, Indochina, Suiza, Bélgica e Italia.

En el año de 1926, en México el Ing. José A. Martínez Ugalde ideó y construyó un durmiente de concreto armado que fue utilizado en las vías del patio de Puebla.

Hubo un gran número de durmientes de concreto diseñados en otros muchos países y todas esas experiencias confirmaron lo difícil que resultaba fabricar un durmiente de concreto armado que se conservara sin sufrir daños frente a los fuertes esfuerzos e impactos que produce la circulación de los trenes, cada día más pesados y veloces.

Durante la segunda guerra mundial, se perfeccionó la tecnología de fabricación de durmientes de concreto, surgiendo diversos sistemas y tipos que resistían correctamente la sollicitación de esfuerzos a que estaban sometidos en las vías en servicio. Debido a la escasez de madera, el durmiente de concreto recibió el impulso definitivo lo que propició la aparición del durmiente de concreto preesforzado y precomprimido.

A partir de esto, la fabricación de durmientes de concreto logro su objetivo, vinculando las características de resistencia, flexibilidad y durabilidad requeridas en cada uno de los tres modelos que a continuación se describen:

- A) Durmiente monolítico de concreto precomprimido que consiste en una viga de concreto cuya precompresion esta asegurada por un cierto numero de cables que transmiten sus esfuerzos por adherencia o por tensión, apoyándose en anclajes en los extremos del durmiente.
- B) Durmiente de concreto precomprimido no monolítico, formado por dos bloques y un travesaño con dos juntas elásticas, ligados entre sí con acero de presfuerzo.
- C) Durmiente mixto, en el cual la elasticidad se consigue uniendo dos bloques extremos de concreto armado mediante un perfil de acero que funciona como elemento flexible y asegura el escantillón de la vía.

A partir de 1950 cuando la industria del durmiente de concreto en Europa había desplazado al durmiente de madera, en México surgió la inquietud de adoptar esta técnica con el fin de preservar nuestros recursos forestales y para satisfacer al mismo tiempo la demanda de durmiente para la conservación o rehabilitación de las vías férreas en servicio, y la construcción de nuevas vías.

A principios de 1959, la entonces Secretaria de Obras Publicas inicio los estudios preliminares tendientes a establecer una fabrica en nuestro pais. En Noviembre del mismo año en la XII Junta Regional del Instituto Americano del Concreto celebrada en la ciudad de México, el Ingeniero Alberto Dovalí Jaime, presentó una documentada ponencia en la que señalaba la necesidad de iniciar la producción de durmientes de concreto a la brevedad posible, ya que para 1960 se necesitarian seis millones para conservar, rehabilitar y construir nuevas líneas.

En Febrero de 1960 se procedió a la instalación en ciudad Acuña, Coahuila, de la primera planta para la fabricación planta para la fabricación de durmientes mixtos del tipo RS, la cual inició su producción en el mes de Marzo del mismo año. para satisfacer las necesidades de la linea en construcción que une a San Carlos con Ciudad Acuña, en el Estado de Coahuila en un tramo de 39 Kms., posteriormente, con base en los resultados que obtuvieron con el empleo de durmientes de concreto, la Secretaria de Obras Publicas decidió utilizarlo en la construcción y rehabilitación de los tramos Chihuahua - Tuposampo y Chihuahua - Ojinaga, del F.C., Chihuahua - Pacifico y la Unión del Ferrocarril Tehuano con el F.C. del Sureste a través del puente de Coatzacoalcos. Por otra parte los Ferrocarriles Nacionales de México lo utilizaron en parte de la linea Monterrey - Matamoros.

En 1964, se inicio la fabricación del durmiente mixto tipo SL, en Dolores, Hidalgo Guanajuato para emplearlos en la linea nueva: Viborillas - Villa de Reyes, con una longitud de 173 Kms. y en 1967 en Panzacola, Tlaxcala, se empezó a fabricar el durmiente de concreto monolítico postensado modelo B-58 teniendo ambas fabricas la meta de satisfacer las necesidades de rehabilitación de vías.

Actualmente él numero total de durmientes en el mundo puede ser estimado en cerca de tres mil millones de los cuales más de 400 millones son durmientes entre le 2% y el 5% debe ser cambiados cada año. Los durmientes del concreto cubren mas del 50% de la demanda anual de durmientes en muchas partes del mundo (la mayor parte de Europa, en Japón, en algunos paises de Africa, etc.) en

otras partes (Estados Unidos, Canadá y Australia) los durmientes de concreto son usados en menor proporción.

En un futuro, el número total de durmientes de concreto elaborados anualmente puede estimarse en aproximadamente 20 millones

En la mayor parte de los países del mundo existe un creciente interés por el uso de durmientes de concreto. Este interés es justificado por la gran consistencia del producto y por la calidad que puede ser alcanzado por el uso del concreto presforzado.

La experiencia indica que el uso de durmientes de concreto es deseable por razones de economía y por sus mayores propiedades estructurales, que son necesarios para el buen funcionamiento y estabilidad de la estructura de vía.

Investigación en vías experimentales

Para poder determinar el comportamiento del durmiente bajo las cargas de operación a las que va a estar expuestas y así poder considerarlas dentro del análisis teórico, se han construido vías experimentales y se han realizado pruebas de campo y laboratorio. Dentro de las vías experimentales construidas debe mencionar las siguientes.

Ferrocarriles de Alaska

Esta sección de vía fue construida en Octubre de 1973 a 160 Kms. al Norte de Anchorage, Alaska. El tráfico sobre la vía es de solamente cerca de 5 millones de toneladas anualmente. El clima y las condiciones de soporte son extremadamente desfavorables, las temperaturas alcanzan hasta los 51 °C bajo cero.

Se utilizaron durmientes de concreto presforzado del gft de longitud (2.74 m) con 8 cables de Ø 3/8" (9.5 mm), espaciados a 26" (660 mm) centro a centro y soportado sobre balasto de grava triturada.

Inspecciones recientes de esta sección, indican que los durmientes han trabajado muy bien, ya que no se han observado fisuras en el centro ni en el asiento del riel. Así mismo se ha observado que el sistema de fijación no ha presentado ningún tipo de problema.

Sección de prueba Chessie

Esta sección fue construida en Marzo de 1974 en el Sistema Chessie cerca de Lorraine, Virginia. El tráfico sobre esta vía, es de cerca de 40 millones de toneladas anuales.

Se utilizaron dos tipos de durmientes de concreto:

Tipo 1.- Durmiente con una longitud de 9 ft (2.74 m) con 8 cables de diámetro 3/8" (9.5 mm).

Tipo 2.- Durmiente con una longitud de 8 ½ ft (2.59 m) con 26 alambres de diámetro 0.2" (5 mm).

Ambos tipos fueron colocados con un espaciamiento centro a centro de 26" (660 mm) y soportado sobre balasto de piedra triturada. También se utilizaron tres tipos diferentes de fijación

En inspecciones recientes se ha podido observar que los durmientes han trabajado de manera adecuada, puesto que no presentan fisuras ni fallas de algún tipo.

Sección de prueba Santa Fe

Fue construida en Noviembre de 1974 sobre la línea principal Santa Fe, cerca de Streator, Illinois. El tráfico sobre esta vía es del orden de cerca de 20 millones de toneladas anualmente.

Se utilizaron dos tipos de durmientes de concreto:

Tipo 1.- Durmiente con una longitud de 9 ft (2.74 m) con 8 cables de diámetro 3/8"

Tipo 2.- Durmiente con una longitud de 8 ½ ft (2.59 m) con 28 alambres de diámetro 0.2" (5 mm)

Ambos tipos fueron colocados con un espaciamiento centro a centro de 24" (610 mm) y soportado sobre balasto de granito triturado.

En inspecciones recientes se ha observado que los durmientes han trabajado de manera adecuada y que no presentan fisuras debido a las cargas inducidas en el

Norfolk & Western test section

Fue construida en Diciembre de 1974 cerca de Roanoke, Virginia. El tráfico sobre esta vía es de cerca de 45 millones de toneladas anuales.

Se utilizaron durmientes iguales a los utilizados en la vía Santa Fe.

Se colocaron con un espaciamiento centro a centro de 24" y 26" soportados por balasto de granito triturado.

Durante las inspecciones se ha podido observar que los durmientes han trabajado de una manera adecuada, puesto que no se presentan fisuras ni agrietamientos debido a la transmisión de cargas.

La situación respecto al empleo de durmientes de concreto en el sistema ferroviario de la República Mexicana se muestra en la tabla II.1.

En la tabla II.2 se muestran los datos aproximados con respecto a la producción y uso de durmientes de concreto.

La tabla II.3 nos muestra en que país se desarrollaron los diversos tipos de durmientes, así como en que países son utilizados.

La tabla II.4 nos indica la cantidad de durmientes pretensados elaborados y distribuidos por COMECOP.

TABLA II.1

DURMIENTE DE CONCRETO INSTALADOS EN DIFERENTES LINEAS DEL SISTEMA DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO, FERROCARRIL DEL PACIFICO, CHIHUAHUA AL PACIFICO Y SONORA - BAJA CALIFORNIA.

DIVISION	LINEA	KMS. CON DURMIENTE DE CONCRETO	DURMIENTES POSTENSADOS	DURMIENTES BI - BLOCK	DURMIENTES PRETENSADOS	TOTAL DURMIENTES
CENTRO	"A"	417 + 435	542,792			542,792
GOLFO	"M"	442 + 978	730,319			730,319
GUADALAJARA	"I"	561 + 492	910,042	22,034		932,076
JALAPA	"V"	132 + 227	165,580			165,580
MEXICO	"A"	22 + 754	37,825			
MEXICO	"B"	23 + 400	38,983			91,802
MEXICO	"H"	9 + 000	14,994			
MEXICANO	"S"	59 + 550	85,008			
						133,322
MEXICANO	"SH"	29 + 000	48,314			
MONCLOVA	"RA"	39 + 600		63,360		
						127,644
MONCLOVA	"RD"	39 + 366	64,284			
MONTERREY	"B"	261 + 520	442,242			
						739,206
MONTERREY	"F"	178 + 600	208,666	88,298		
PACIFICO	"NE"	193 + 831		322,922		
QUERETARO	"A"	32 + 154	53,568			322,922
QUERETARO	"B"	13 + 000	21,658			
						248,771
QUERETARO	"AQ"	89 + 436	149,000			
QUERETARO	"BQ"	14 + 733	24,545			
SAN LUIS	"B"	66 + 600	136,619			
						438,642
SAN LUIS	"BC"	180 + 000		299,023		
SE - VCI	"G"	24 + 500	37,084			37,084
TENOSIQUE	"FA"	10 + 000	16,600			16,600
FC-PACIFICO		40 + 470	67,177			67,177
FC-CH-PACIF		437 + 700		726,725		726,725
FC-SBC		100 + 000	167,600			167,600
QUERETARO (DOBLE VIA FERREA)					250,000	
OTRAS					185,000	
TOTALES		3470 + 346	3,965,960	1,522,362	435,000	5,488,322

TABLA II.2
PRODUCCION Y USO DE DURMIENTES DE CONCRETO.

PAIS	NUMERO TOTAL EN SERVICIO (MILLONES)	PRODUCCION ANUAL (MILES)
EUROPA		
AUSTRIA	3.0	
BELGICA	1.0	100
BULGARIA	1.5 - 2	
CHECOSLOVAQUIA	8	100 - 2000
DINAMARCA	1.5 - 2	
FINLANDIA	1.5	50
FRANCIA	35	
ALEMANIA	62	940
HUNGRIA	18	600
IRLANDA	1.5 - 2	24
ITALIA	9	750
NORUEGA	1	250
POLONIA	13	
PORTUGAL	1.5 - 2	
PAISES INTEGRANTES DE		
EX UNION SOVIETICA	84	
ESPAÑA	20	320
SUECIA	5	350
SUIZA	1	
REINO UNIDO	31	1000
YUGOSLAVIA	2.5	
AFRICA		
ARGEL	1.0	
SENEGAL	1.0	
SUDAFRICA	20.0	1500 - 2000
TUNEZ	1.5 - 2	
ZAMBIA		
ZIMBAWE	2	100
ASIA		
CHINA	60	6000
INDIA	1.5 - 2	600
IRAN	1	
IRAQ	1.5 - 2	500
JAPON	22	500
JORDANIA		100
KOREA	3	
MALASIA		100
ARABIA SAUDITA		250
TURQUIA	5	
VIETNAM	1.5 - 2	

TABLA 11.2

PRODUCCION Y USO DE DURMIENTES DE CONCRETO
(CONTINUACION).

AMERICA DEL NORTE			
	CANADA	3	400
	MEXICO	6.5	700
	U.S.A.	3	300
AMERICA DEL SUR			
	BRASIL	3	
AUSTRALIA			
	AUSTRALIA	7	500

PAISES CON MENOS DE UN MILLON DE DURMIENTES EN SERVICIO:

HOLANDA
 BOTSWANA
 EL CONGO
 MARRUECOS
 PAKISTAN
 TAIWAN
 TAILANDIA
 CUBA
 COSTA RICA
 JAMAICA

TABLA II.3
TIPOS DE DURMIENTES Y PAISES QUE LOS UTILIZAN.

TIPO DE DURMIENTE	PAIS DE ORIGEN	PRINCIPALES USUARIOS	
MONO BLOCK PRETENSADO PRESFORADO	REINO UNIDO	REINO UNIDO AUSTRALIA BELGICA CANADA CHINA HUNGRIA INDIA IRAQ	JAPON NORUEGA POLONIA SUDAFRICA SUECIA U. S. A. YUGOSLAVIA MEXICO
MONO BLOCK POSTENSADO PRESFORADO	ALEMANIA	AUSTRIA FINLANDIA INDIA	ITALIA MEXICO TURQUIA
BIBLOCK	FRANCIA	FRANCIA ARGEL BELGICA BRASIL DINAMARCA INDIA	MEXICO HOLANDA PORTUGAL ESPAÑA TUNEZ

TABLA II.4
DURMIENTES DE CONCRETO PRETENSADO COMECOP

AÑO	OBRA	CANTIDAD DURMIENTES	CLIENTES
1984	Doble Vía férrea	50 000	Secretaria Comunicaciones y transportes (convenio para la fabricación de 250,000 piezas)
1985	Doble Vía férrea México Querétaro	126 788	Secretaria Comunicaciones y Transportes (mismo convenio)
1985	Espuelas Particulares	1 446	Cementos Apasco, Mexalit, Caleras Bertran
1986	Doble Vía férrea México Querétaro	33 050	Secretaria Comunicaciones y Transportes (mismo convenio)
1987	Doble Vía Férrea México Querétaro	40 162	Secretaria Comunicaciones y Transportes (mismo convenio)
1987	Diversas líneas	185 000	Ferrocarriles Nacionales de México.
1999-2000	Vía Férrea Córdoba - Peñuela	5 000	Ferrocarriles del Sureste (FERROSUR)

CAPITULO III.- DEFINICIONES Y PRINCIPIOS

Durante el presente capitulo, se presenta la definición de una serie de términos que es necesario conocer para poder comprender el desarrollo del trabajo.

Así mismo se presenta una breve explicación acerca de los principios básicos del presfuerzo, los tipos del presfuerzo y por ultimo la teoría fundamental del mismo.

III.1 ABREVIATURAS

AWS	American Welding Society
AREA	American Railway Engineering Association
AREMA	American Railway and Maintenance of way Association
ASCE	American Society Civil Engineering
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
PCI	Precast / Prestressed Concrete Intitute

III.2 DEFINICIONES

- Agregado Fino (Arena) :** Abarca normalmente partículas entre 4.75 y 0.075 mm (material que pasa por la malla No. 4 y se retiene en la malla No. 200)
- Agregado Grueso (Grava) :** Comprende los tamaños nominales desde 4.75 mm (malla No. 4) hasta la dimensión de los fragmentos más grandes que contiene una muestra.
- Composición Granulometrica :** Terminó usado para describir la distribución de tamaños de las partículas que construyen un agregado.
- Modulo de Finura :** Factor obtenido de sumar el total de porcentajes de material que se retiene en una muestra en las mallas de 3" 1½", 3/4", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50 y No. 100, dividida entre 100.
- Reacción Alkali – Agregado :** Puede producir una expansión anormal y agrietamiento en el concreto, se manifiesta a largo plazo.
La reacción álcali – agregado se da cuando se tienen las siguientes condiciones :
- El agregado contiene sílice reactiva.
 - El cemento tiene álcalis totales (> 0.6%)
 - El concreto se encuentra permanentemente húmedo.

- Concreto :** Mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos, que se mantiene trabajable durante una dos horas y después comienza a endurecer hasta desarrollar la resistencia que soporta la estabilidad de los elementos estructurales.
- Concreto Seco :** Concreto cuya consistencia corresponde a la del revenimiento negativo o cero.
Tal concreto a pesar de ser muy seco, deberá ser suficientemente trabajable y cohesivo para colocarse y compactarse con un equipo y proceso determinado.
- Consistencia :** Se define como la habilidad relativa de la mezcla de concreto fresco para fluir. El revenimiento es el método más popular para medir la consistencia del concreto convencional.
- Resistencia :** Se define como la habilidad para resistir esfuerzos sin llegar a la falla.
- Resistencia a la compresión :** Máxima resistencia medida en un espécimen de concreto a carga axial.
- Curado :** Conjunto de acciones para garantizar el mantenimiento de un contenido satisfactorio de humedad y temperatura para que se lleve a cabo la hidratación y se desarrollen las propiedades del concreto.

Funciones del curado :

- Conserva la humedad del concreto para asegurar que exista la cantidad suficiente de agua para permitir la completa hidratación del cemento.
- Estabiliza la temperatura a un nivel adecuado para que se propicie la hidratación del cemento.

Métodos de curado : {
 Suministro de agua externa para reponer la que se pierde por evaporación.
 Aplicación de recubrimientos superficiales para retener agua interna.

Métodos de agua externa : {
 Por rocío o mediante riego por aspersión
 Recubrimiento con telas mojadas
 Aplicación de materiales saturados

Métodos de recubrimientos : {
 Laminas de plástico
 Compuestos líquidos que forman membranas

Aditivo :	Material distinto del agua, del agregado o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto y que se añade a este antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades.
Agregado :	Material granular, empleado con un medio agrutinante para formar concreto hidráulico o mortero.
Agregado ligero :	Agregado con un peso seco suelto de 1.1 Ton / m ³ o menos.
Anclaje :	Dispositivo empleado para anclar el tendón o cable durante el endurecimiento del concreto.
Cable o tendón :	Elemento de acero usado para impartir presfuerzo al concreto.
Carga de servicio :	Carga especificada por el reglamento general de construcciones.
Carga factorizada :	Carga multiplicada por los factores de carga apropiados, que se utilizan con el objeto de dimensionar los elementos mediante el método de diseño por resistencia.
Concreto prefabricado :	Elemento de concreto simple o reforzado colado en un lugar diferente a su ubicación final de la estructura.
Concreto presforzado :	Concreto reforzado al que se le han aplicado esfuerzos internos, a fin de reducir los esfuerzos potenciales de tensión derivados por las cargas.
Concreto reforzado :	Concreto armado con una cantidad de acero no menor a la indicada por los reglamentos.
Esfuerzo :	Fuerza por unidad de área.
Fuerza del gato :	Fuerza temporal ejercida por el dispositivo que tensa los cables de presfuerzo.
Modulo de elasticidad :	Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente a los esfuerzos por tensión o por comprensión, inferiores al limite de proporcionalidad del material.
Presfuerzo efectivo : (Pfs)	Esfuerzo que persiste en cables presforzados después de que han ocurrido todas las pérdidas, excluyendo los efectos de cargas muertas y cargas sobrepuestas.
Pretensado :	Método de presfuerzo, en el cual los cables se tensan antes de la colocación del concreto.
Transferencia :	Operación de transferir esfuerzos en los cables de presfuerzo de los gatos o de la cama de pretensado a un elemento de concreto.

Durmiente :	Elementos estructurales de madera, acero, concreto o mixtas colocados transversalmente en la vía con el objeto de transmitir las cargas del riel provocadas por el equipo rodante a la cama del balasto y conservar la separación constante entre ambos rieles.
Riel :	Es una barra perfilada de acero laminado que se utiliza en vías de ferrocarril para sustentar y guiar el equipo móvil. El riel se compone de tres partes principales denominadas hongo, alma y patín.
Balasto :	Capa de grava que sirve para asentar y sujetar la vía.
Escantillon de vía :	Distancia entre caras interiores de los hongos del riel de una vía.
Acero de postensado :	Cable, alambre o barra de acero que es tensado después del vaciado y endurecimiento del concreto.
Acero de presfuerzo :	Cable, alambre o barra diseñada para precomprimir el concreto.
Acero de pretensado :	Cable, alambre o barra de acero tensado antes del vaciado del concreto.
Acero de refuerzo :	Acero, excluyendo el acero de presfuerzo, colado dentro del durmiente para mejorar su esfuerzo estructural y para controlar la deflexión y el agrietamiento.
Asiento del riel :	Area del durmiente sobre la cual descansa el riel.
Carga lateral :	Componente horizontal de una carga en la vía perpendicular al riel.
Carga longitudinal :	Carga a lo largo del eje longitudinal del riel.
Carga vertical :	Carga o componente de carga aplicada en ángulo recto al eje longitudinal del riel.
Durmiente de concreto postensado :	Durmiente de concreto presforzado que emplea acero para precomprimir el concreto después del fraguado.
Durmiente de concreto pretensado :	Durmiente de concreto presforzado que emplea acero para comprimir el concreto antes del fraguado.
Durmiente de concreto reforzado :	Durmiente reforzado con barras de acero acondicionadas, estructura de alambre soldadas, alambres adaptados, barras o mallas de barras y concreto no precomprimido.
Durmiente presforzado :	Durmiente en el que el concreto se encuentra precomprimido por acción del acero de presfuerzo.
Durmiente reforzado presforzado :	Durmiente de concreto reforzado que, además de acero de

refuerzo longitudinal, emplea acero de presfuerzo para resistir la flexión.

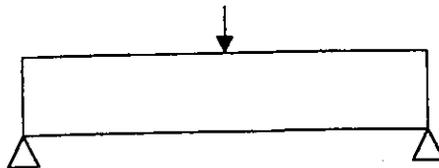
Esfuerzo de flexión :	Resistencia normal producida por la flexión.
Fijación :	Componente o grupo de componentes de un sistema de vía que fijan el riel a los durmientes.
Inserto :	Mecanismo para asegurar el ensamble del riel al durmiente. Puede ser colocado en el durmiente en el momento de su fabricación, o colado en los alojamientos moldeados o barrenados en el durmiente.
Flexión negativa :	Flexionamiento que produce tensión o reduce la compresión en el área superior del durmiente.
Flexión positiva :	Flexión que produce tensión o reduce la compresión en la superficie inferior del durmiente.
Grieta estructural :	Plano de falla que se origina transversalmente en la cara de tensión del durmiente, extendiéndose al nivel del acero de presfuerzo y que aumenta su tamaño al incrementarse la carga.
P.P.M. :	Partes por millón.

Debido a que el durmiente que se analiza durante el presente trabajo es un elemento presforzado, es necesario conocer los principios fundamentales de la Teoría del Presfuerzo, así como los métodos de presfuerzo existentes. Esto nos será útil al momento de llevar a cabo la revisión de esfuerzos actuantes en los durmientes cuando se le aplican las cargas de prueba.

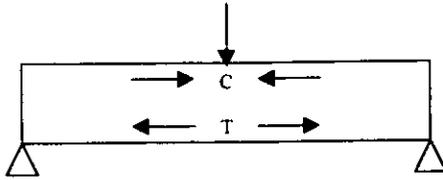
III.3 PRINCIPIOS DEL PRESFUERZO

El concreto presforzado también puede definirse como concreto precomprimido; esto significa que a un miembro de concreto antes de empezar su vida de trabajo, se le aplica un esfuerzo de compresión en las zonas donde se desarrollan esfuerzos de tensión bajo cargas de trabajo. Aunque el concreto es resistente en compresión, es débil en tensión.

Considérese una viga de concreto simple soportando una carga.

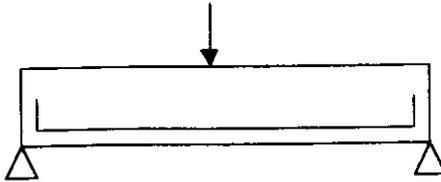


Al incrementar la carga, la viga se flexiona ligeramente y después falla repentinamente. Bajo la carga, los esfuerzos en la viga serán de compresión en las fibras superiores, y de tensión en las inferiores.



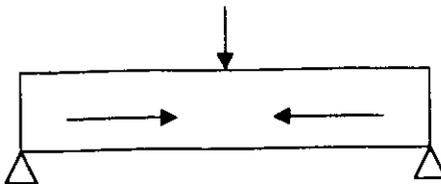
Es probable que la viga se agriete en su parte inferior y sufra rupturas, aún con carga pequeña, debido a la baja resistencia a la tensión del concreto. Existen dos formas de contrarrestarlas con el empleo de refuerzo o presforzando.

En el concreto reforzado, en las zonas donde se desarrollan esfuerzos de tensión bajo la carga, debe colocarse refuerzo en formas de varilla de acero.



El esfuerzo absorbe toda la tensión y si se limita al esfuerzo con el acero, el agrietamiento en el concreto se podrá mantener dentro de los límites aceptables.

En el concreto presforzado, los esfuerzos de compresión introducidos en las zonas donde se desarrollan los esfuerzos de tensión bajo la carga, resistirán o anularán estos esfuerzos de tensión. En este caso, el concreto reacciona como si tuviese una alta resistencia a la tensión propia y en tanto que los esfuerzos de tensión no excedan a los esfuerzos de precompresión, no podrán presentarse agrietamientos en la parte inferior de la viga.



En una viga presforzada sujeta a carga, experimenta una flexión y una compresión interna, disminuye gradualmente. Al retirar la carga, se restituye la compresión y la viga regresa a su

condición original, demostrando la resistencia del concreto presforzado. Las pruebas han demostrado que puede efectuarse un número ilimitado de inversiones de carga, sin afectar la capacidad de la viga para soportar la carga de trabajo o reducir su capacidad de carga última. En otras palabras, el "presforzado" dota a la viga de una gran resistencia a la fatiga.

Como se mencionó anteriormente, si para la carga de trabajo los esfuerzos de tensión ocasionados por la misma no exceden del presfuerzo, el concreto no se agrietará en la zona de tensión, pero si se sobrepasa la carga de trabajo y los esfuerzos de tensión resultan mayores que el presfuerzo, surgirán grietas. Sin embargo, si se retira la carga, aun después de que una viga ha sido cargada a una porción muy alta de su capacidad última, se obtiene como resultado una clausura total de las grietas, las cuales no reaparecen bajo cargas de trabajo.

III.3.1 METODOS DE PRESFUERZO

Existen dos métodos básicos del presforzado: pretensado y postensado.

III.3.1.a PRETENSADO

Método de presfuerzo del concreto, en el cual se tensa el acero antes de colar el concreto, cuando el concreto ha alcanzado suficiente resistencia a la compresión, se libera al acero de los anclajes, transfiriendo la fuerza al concreto a través de la adherencia existente entre ambos. En resumen este método consta de los siguientes pasos:

1. Se colocan los cables dentro del molde o cama de colado entre dos anclajes. Estos cables son tensados a un valor que no exceda al 94% de la resistencia especificada a la fluencia pero que no sea menor del 80% de la resistencia a la tensión de los cables de presfuerzo. Los cables son anclados de tal forma que la carga se mantiene.
2. El concreto es colado dentro de los moldes, realizándose el curado del mismo. El curado deberá acelerarse por medio de vapor u otro método. El concreto deberá adherirse a los cables.
3. Cuando el concreto alcanza la resistencia requerida, normalmente en 24 horas o menos, los cables son cortados del sistema de anclaje. Debido a la adherencia de los cables al concreto, al cortarse se hace la transferencia de la fuerza del presfuerzo al concreto.
4. El miembro pretensado es removido de la cimbra y colocado en el área de almacenamiento.

III.3.1.b POSTENSADO

Método de presfuerzo del concreto en el cual se tensa el acero después de que el concreto ha alcanzado suficiente resistencia a la compresión. Es decir primero se coloca el concreto fresco dentro del molde y se deja endurecer previo a la aplicación del presfuerzo. El acero puede colocarse en posición con un determinado perfil, quedando ahogado en el concreto, para evitar la adherencia

se introduce el acero dentro de una camisa metálica protectora; o bien pueden dejarse ductos en el concreto, pasando el acero a través de ellos una vez que han tenido lugar el endurecimiento. En cuanto se ha alcanzado la resistencia requerida del concreto, se tensa al acero contra los extremos del elemento y se ancla, quedando así el concreto en compresión. El perfil curvo del acero – lo que normalmente ocurre en el postensado – permite la distribución efectiva del presfuerzo dentro de la sección de acuerdo con lo dispuesto por el proyectista.

III.3.2 TEORIA FUNDAMENTAL DEL PRESFUERZO

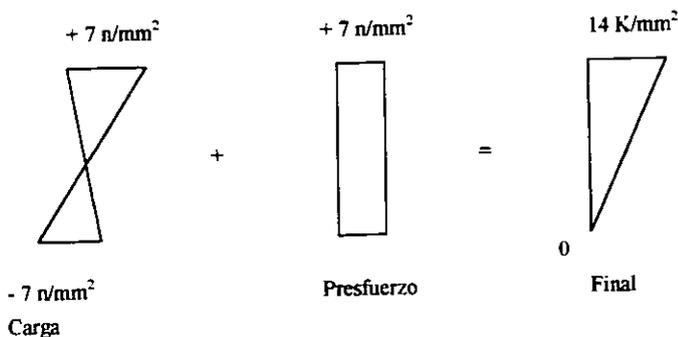
En esta sección se intenta dar un perfil de los elementos de la teoría del presforzado; de hecho en una extensión de la teoría de la viga libremente apoyada de acuerdo a dos posiciones básicas :

- ◆ Que al flexionarse la viga, sus secciones transversales planas permanezcan así y normales al eje longitudinal.
- ◆ Que el material de la viga obedezca a la Ley de Hooke.

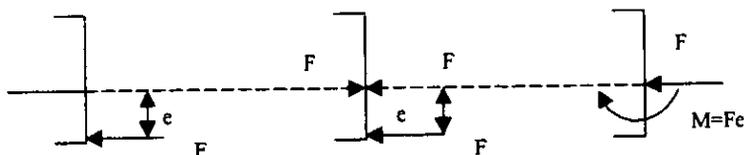
Esto significa que la deformación unitaria en cualquier punto de la sección transversal es proporcional a la distancia del punto al eje neutro y que el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria (la cual se aplica únicamente para condiciones de servicio o de trabajo y no para la carga última de colapso). En el diseño de concreto presforzado, es usual diseñar el miembro para condiciones de servicio y posteriormente verificar que la resistencia última proporcione el factor de seguridad requerido.

Considérese una viga rectangular libremente apoyada que soporta una carga vertical distribuida uniformemente. La configuración de esfuerzos en cualquier sección será: compresión (designado positivo) en la parte superior y tensión (designado negativo) en la parte inferior, ambos de igual valor con los máximos al centro del claro.

Suponiendo que estos valores máximos son de 7 n/mm^2 trataremos de poner una compresión inicial en la viga, de tal forma que el esfuerzo de tensión nulifique esta compresión. Si la fuerza de compresión se aplica a lo largo de la línea del centro de gravedad, dará una compresión uniforme en la sección, suponiendo que también sea de 7 n/mm^2 los diagramas de esfuerzo son :



Si la sección transversal del miembro es A, la fuerza de compresión es F . Si en lugar de una fuerza concéntrica, aplicamos una fuerza excéntrica, F, a una distancia e, abajo del eje neutro; ello resulta equivalente a emplear una fuerza concéntrica F y un momento de Fe .



El momento flexionante dará lugar a esfuerzos de la viga, cuyos valores están dados por la siguiente formula general :

$$\frac{M}{I} = \frac{f}{y} \quad \text{o} \quad f = \frac{My}{I} = \frac{Fey}{I}$$

Como lo que nos interesa conocer son los esfuerzos en las fibras superior e inferior, la expresión puede escribirse como: $f = Fe/z$ donde z es el modulo de sección para la sección superior o inferior, dependiendo de donde se requiera el esfuerzo.

CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño consisten en limitar los valores de los esfuerzos en el concreto para condiciones específicas de cargas. Para el concreto presforzado, dichas condiciones son las siguientes:

- ◆ Inmediatamente después de la aplicación del presfuerzo cuando solo existe el peso propio de la viga. Esta es la transferencia – condición inicial.
- ◆ Después de que han ocurrido algunas de las pérdidas y la viga soporta cargas de servicio. Estas pueden ser las muertas o vivas que se hallan sobrepuestas.

SECCIONES CRITICAS

Las secciones criticas bajo carga de servicio generalmente ocurren en las posiciones de momento máximo de servicio; sus posiciones en la transferencia dependen de la trayectoria del cable, la que a su vez depende del método de presforzado. Para el pretensado en miembros prismáticos (en donde se usan tendones rectos totalmente adheridos). Las secciones criticas en la transferencia ocurren cerca de los extremos del miembro, así como en los extremos de las zonas de transmisión.

Para los miembros no prismáticos y miembros pretensados con tendones desadheridos o curvados, las secciones críticas pueden ocurrir cuando tiene lugar a un cambio de sección, magnitud de la excentricidad o dirección de la fuerza de presfuerzo.

III.4 ESTRUCTURA DE VIAS.

VÍAS : Constituyen el camino del ferrocarril, se llama vía principal o de camino a la destinan a la circulación de trenes sujetos a horarios o a las ordenes de tren expedidas por el despachador, su trazado horizontal es empleando rectas unidas por curvas circulares o compuestas con espirales de transición, representan el 90% de la longitud de la línea, el 10% de la longitud restante corresponde a vías auxiliares como son, patios, espuelas y escapes.

El trazo vertical es perfil de las vías es una línea recta unida con curvas parabólicas y de pendiente variable.

La vía férrea y el equipo móvil, son las bases del ferrocarril para la transportación de carga y pasajeros.

La vía férrea debe soportar las cargas por eje, velocidades de circulación, densidad del tráfico en la línea sobre la cual esta colocada, tomándose en consideración los factores climatológicos y geológicos.

III.4.1 INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA.

INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA: es el conjunto de obras que constituyen la plataforma, base, lecho o cama de la vía hasta el nivel de la subrasante. Esta se compone de cortes, terraplenes, puentes, alcantarillas, viaductos y obras de drenaje.

A. **Cortes** : por su forma pueden ser de tres tipos:
En cajón, en balcón y compensado.

Corte de cajón: Es una excavación a cielo abierto, con paredes del mismo material a ambos lados y desalojo del material por ambos extremos.

Corte de balcón: Puede ser en sección completa y compensado.

Los cortes analizándolos desde el punto de vista geológico de la formación pueden ser: roca, arena, arcilla o combinación de ellos. El estudio de cada uno de estos tipos de materiales respecto a la inclinación de las paredes, que deben ser estables en cualquier condición de tiempo evitando desprendimiento de los materiales sobre la vía, pertenece a la Mecánica de Suelos.

Obras de protección de los cortes: en previsión a la acción del intemperismo, los drenajes deben ser adecuados al volumen de las precipitaciones pluviales del lugar. Las cunetas deberán desalojar el agua que cae sobre la cama de la vía longitudinalmente hacia las alcantarillas. Las contracunetas se

diseñaran para captar el agua de las partes altas antes de que invada el lecho de la vía que pudiera congestionar a las cunetas. El agua se desaloja hacia las alcantarillas y puentes.

Tipos de obra de drenaje: Estos pueden ser: longitudinal y transversal de la vía.

El longitudinal puede proveerse excavando el terreno natural y en caso necesario, si así se requiere por el tipo de material, se deberá recubrir ya sea con zampeados de mampostería seca hasta secciones de concreto reforzado.

B. Terraplenes : Para absorber los desniveles del terreno natural y construir una cama uniforme continua y estable, es necesario construir las obras de terracerías denominadas terraplenes; si el relleno es con piedra a volteo toma la denominación de pedraplenes. el terreno.

Los terraplenes pueden ser por compensación de volúmenes, ya sea longitudinal o lateralmente, cuando se emplea el producto de la excavación contigua para formarlos. Son de préstamo lateral cuando se emplea el material del terreno vecino a los costados del terraplén en formación, de tal manera que reduzcan los costos de acarreo. Los taludes de los terraplenes, o sea la inclinación de la pared exterior se diseñan con las normas de la Mecánica de suelos para que resistan el intemperismo y a las cargas que van a recibir.

Condiciones mínimas de estabilidad.- Dependiendo del tipo de material deberá atenderse el ángulo de reposo, cohesión, círculo de falla, compresibilidad, grado de humedad, granulometría, tamaño y forma de las partículas del material.

Obras de protección en terraplenes.- Deben estar protegidos contra el intemperismo, la erosión, la socavación y el empuje de las corrientes por medio de zampeados y muros.

C. Puentes y Alcantarillas.- Tienen la función de dar paso al agua. Los denominados viaductos se emplean para salvar accidentes topográficos donde no necesariamente pasa agua. Para determinar si es puente o alcantarilla, hasta un claro de 6 m. o menor se considera alcantarilla, mayor de 6 m. se considera puente.

III.4.2 SUPERESTRUCTURA DE LA VIA.

SUPERESTRUCTURA DE LA VIA.- Esta constituida por el balastro, los durmientes y los rieles. Las cargas concentradas ejercidas por el equipo rodante, son recibidas por los rieles que las transmiten a los durmientes y estos finalmente al balastro.

III.4.2.1 BALASTO

BALASTO.- Es la capa de grava que sirve para sentar y sujetar la vía, el nombre se deriva de la palabra inglesa "ballast". Lastre.

Función.- El balasto debe cumplir tres condiciones, permeabilidad, resistencia a las cargas y elasticidad.

La finalidad del balasto es recibir las cargas de los durmientes y distribuir las a las terracerías por medio de un espesor adecuado. convierte gran parte del trabajo de choque debido a las cargas móviles en trabajo de deformación, provee un asiento duradero y firme contra las presiones de las cargas en el sentido vertical y en el sentido horizontal contra el desplazamiento lateral de la vía especialmente en las curvas. conservando los durmientes secos, debe cumplir los requisitos indispensables de granulometría.

Es el elemento que sostiene a través de los durmientes el nivel y la línea de los rieles. La operación de acomodo del balasto bajo los durmientes se denomina calzado; este puede ser manual o mecánico, en el primer caso se efectúa con barras especiales denominadas calzadores o pisones. La operación mecánica se efectúa con máquinas vibratorias con frecuencia de 4000 a 5000 R.P.M., cuyas herramientas acomodan el balastro y lo apisonan hacia la cara inferior del durmiente.

Materiales.- Los materiales que constituyen el balasto son: escoria de fundición triturada y seleccionada a la granulometría de proyecto, piedra triturada de bancos como balasto, diabasas, pórfidos, granito, cuarcita, caliza, gravas de ríos lavadas y trituradas para hacer desaparecer la redondez de los granos; es indispensable que el balastro contenga aristas vivas que se entrelacen las partículas

Sección transversal mínima.- (profundidad y anchura).

El tipo, calidad, dimensiones y granulometría, del balasto tanto para una nueva vía como para reemplazo o complemento de existentes deben ser de acuerdo a las especificaciones establecidas.

1. Sección Transversal económica.

a) Espesor del balasto bajo los durmientes.

Es práctica generalmente aceptada en ferrocarriles, limitar la presión sobre la subrasante o cama de la vía a la cifra recomendada de 90 psi (6.33 Kg/cm²)

VOLUMENES APROXIMADOS DEL BALASTO.

Para vía ancha:

En tangente	1.2 M ³ /m
En curva	1.35 M ³ /m

Para vía angosta:

En tangente	0.8 M ³ /m
En curva	1.0 M ³ /m

Para que el balasto funcione como elástico se recomienda aplicar una presión de 2.0 Kg./cm².

Manejo.- Posición de los bancos de extracción del balasto. Se recomienda por economía que se localicen los bancos en los puntos estratégicos en donde la pendiente de la vía sea descendente a ambos lados.

Unidades balasteras: para facilidad de distribución del balasto se recomienda emplear equipo ferroviario de tolvas balasteras equipadas con compuerta.

Estabilidad.- Se considera muy necesario para la estabilidad lateral, la cantidad de balasto en los "hombros" confinando las cabeceras de los durmientes. Así mismo la limpieza del balasto permite mantener bien drenada la cama de los durmientes.

Geotextiles.- Con el fin de mantener estable el contenido de humedad de la subrasante evitando variaciones del "valor soporte" de las terracerías, se ha diseñado últimamente, telas de fibra de polipropileno y poliéster resistentes a las cargas y a los elementos químicos, que se tienden entre el balasto y la subrasante para lograr este efecto deseado.

III.4.2.2 DURMIENTES

Son las piezas de madera, fierro, concreto o mixtas, colocadas transversalmente a la vía con objeto de transmitir las cargas del riel provocadas por el equipo rodante a la cama del balasto, y conservar la separación constante entre ambos rieles.

Condiciones que deben cumplir:

1. Deben resistir los esfuerzos dinámicos producidos por el equipo rodante y estáticos.
2. Debe favorecer la buena sujeción a los rieles, de manera que impida la carrera longitudinal de los mismos, el levantamiento de los rieles, abocardamiento de las fijaciones y las fuerzas laterales.
3. Deben ser resistentes al intemperismo y a los hongos e insectos dañinos.

Entran aproximadamente 1800 durmientes en vía clavada tradicionalmente por kilometro y 1760 durmientes para la vía elástica. El espaciamiento mínimo es el necesario que permita un calzado eficaz y el espaciamiento máximo oscila entre 80 y 100 cm.

La tendencia para construir vías de mayor capacidad es de aumentar el número de durmientes en vez de aumentar el peso de los rieles, la decisión que se tome deberá ser de tipo económico, pero considerando la vida útil de medida que se incrementan las cargas sobre el riel, es preferible prolongar el uso del mismo riel, que se desgasta menos contra los durmientes hasta el límite en que esto sea compatible con la seguridad.

III.4.2.2.a DURMIENTES DE MADERA

DURMIENTES DE MADERA.- La madera es el material principal de que se producen los durmientes, tales durmientes tienen una serie de ventajas, son flexibles, ligeros, tienen características aislantes, soportan bien las grandes tensiones y el efecto químico del aire. Sus deficiencias son: una vida útil relativamente corta, están expuestos al deterioro por los hábitos de ciertos insectos, por hongos y por el fuego. El desgaste y la pudrición dificultan el mantenimiento de la vía.

Especificaciones de recepción.- Las principales variedades de madera que sirven para producir durmiente son : pino, abeto, roble, haya, abedul, cedro, pinabete, ciertas variedades de madera dura, etc. Las mejores variedades son el haya y el roble. La fibra de madera debe ser recta, dura y compacta sin residuos de corteza. Los durmientes de pino deberán ser de madera compacta y tener en alguna parte de su sección al menos 7 anillos de crecimiento anual en un espacio de 3 cm. Los durmientes sencillos de madera compacta y anillos resinosos no serán admitidos para las vías de cantidad mayor al 10%. La fibra de la madera no tendrá inclinación mayor de 1:15, en el sentido longitudinal de la pieza para ser aceptado, estará exenta de cualquier principio de putrefacción, libre de plagas y hongos y solamente se aceptaran las manchas azules de sabia.

Serán rechazados los durmientes que se encuentren en las condiciones siguientes :

1. Que presenten agujeros de 1.5 cm de diámetro a más de 8 cm de profundidad.
2. Los que presenten varios agujeros en grupo, a una distancia centro a centro de 2 diámetros del agujero mayor, y que su superficie equivalga a la superficie de la anterior.
3. Los que tengan agujero longitudinal de 2 cm de diámetro por 20 de profundidad, los que presenten nudos de más de 5 cm de diámetro o varios que equivalgan a dicha dimensión.
4. Los que tengan nudos sueltos o bolsas de resina que alcancen las dimensiones establecidas para los agujeros.
5. No se tolerara ninguna grieta angular de más de 7 cm, no grietas radiales que tengan más de 7 cm de extensión.
6. La unión de una grieta radial con una angular, motivara el rechazo cualquiera que sea su dimensión.
7. Los durmientes con astillas accionadas por el labrado o otra circunstancia se aceptaran solamente si al desprenderse estas no afecta a las dimensiones y estipulaciones anteriores.

Las dimensiones de los durmientes usuales en México son de 20 x 18 x 244 cm. Los durmientes serán cortados de arboles vivos y sanos que no tengan más de un mes de talados. Las cabezas se cortaran en ángulo recto con el eje de la pieza, sus caras superior e inferiores serán paralelas, sus aristas vivas rectas y bien labradas, se rechazaran los que estén aparentemente torcidos, los que muestren curvaturas en sus caras superior y lateral a la vez, los que presenten entalladuras de más de 2 cm de profundidad y superficies desgarradas. Se rechazaran aquellos que al colocar un cordel de las aristas de la cabeza a cualquier punto de las aristas laterales disten menos de 5 cm.

III.4.2.2.b DURMIENTES METALICOS

DURMIENTES METALICOS.- Ofrecen una serie de ventajas desde el punto de vista tecnológico y de explotación; se les puede comunicar cualquier forma. Resisten grandes cargas, mantienen un ancho de vía constante y tienen una larga vida útil. Fácilmente se someten a la soldadura. Después de desmanteladas conservan un gran costo como chatarra.

Sus principales deficiencias son: exposición a los agentes atmosféricos y a la corrosión; no permiten la aislación eléctrica y producen gran ruido al paso de los trenes. Tienen un elevado costo de producción.

Los durmientes metálicos adoptan una forma de canal invertido cerrado por sus cuatro lados y rematado a sus extremos laterales con un dentellón para proveer el anclaje de la vía; están contruidos de palastro de acero de 7 a 8 mm de espesor. su uso esta restringido por la escasez del acero y por presentar dificultades durante la maniobra de calzado.

III.4.2.2.c DURMIENTES DE CONCRETO

DURMIENTES DE CONCRETO.- Los primeros experimentos denotaron ventajas que predeterminaron su ulterior introducción masiva, tienen un gran peso, lo que garantiza la estabilidad de la vía. No están expuestos a la influencia de los insectos y las plantas; pueden producirse en los lugares de su consumo en cantidades ilimitadas. Admiten grandes esfuerzos de compresión, previniéndose una larga vida útil.

Las deficiencias que presentan, dado su gran peso, es que requieren la utilización de maquinaria especial para colocarlos. Requieren dispositivos para su aislamiento eléctrico; son sensibles a las tensiones. Su reparación es compleja. Su precio es relativamente alto.

Inicialmente se presentaron grandes problemas por la destrucción prematura del concreto debido a las cargas dinámicas. La aparición de durmientes de concreto presforzado dio origen a la aparición de durmientes de concreto tipo mixtos, dando resultados satisfactorios.

III.4.2.2.d ESPACIAMIENTO ENTRE DURMIENTES

El espaciamiento mínimo es aquel que permita las operaciones del calzado eficaz, el máximo oscila entre 80 y 100 cm hasta el límite compatible con la resistencia de los rieles y la seguridad del tránsito de las cargas rodantes. Cuando es necesario adaptar al tránsito de cargas mayores de las proyectadas para la vía determinada la primera alternativa más económica es reducir el esparcimiento de los durmientes y después aumentar el calibre que soporta, determina la separación de los durmientes.

El cálculo estructural de un durmiente se efectúa como una viga flotante, por la teoría elástica.

III.4.2.3 RIELES

Características y funciones.- es una barra perfilada de acero laminado que se utiliza en vías de ferrocarril para sustentar y guiar el equipo móvil. El riel se compone de tres partes principales, denominados: hongo, alma y patín.

El hongo esta caracterizado por su anchura y bombeo en la banda de rodamiento. e inclinación de los cachetes.

El patin se caracteriza por su anchura de equilibrio y repartición de cargas al durmiente.

El alma o portaplanchuelas toma los esfuerzos cortantes producidos por las cargas, ayuda a la rigidez de la sección total, y es el apoyo de las uniones entre rieles permitiendo el ajuste y sujeción de las planchuelas.

Los rieles se definen por su peso / ml. La selección de tipo de riel se determina por el mayor momento de inercia en relación con el mismo volumen del material por longitud unitaria.

Características de fabricación de riel.- los rieles de acero provienen de mezclar y laminar los siguientes minerales: hierro, carbón, manganeso y silice, pudiendo contener según especificaciones del AREA, un % limitado de impurezas como fosforoso, azufre, gases, escoria, etc.

El riel se importa de E.U., Canadá, Alemania, Japón, etc. El acero del riel se obtiene de los altos hornos en piezas que se llaman lingotes, estos posteriormente se calientan a la temperatura requeridas, para pasarlos por los rodillos del tren de laminación, el cual gradualmente llega a la sección definitiva.

Marcado y clasificación de los rieles nuevos.- Los lingotes se identifican por su orden de colado o vaciado, y esta identidad se mantiene a través del proceso futuro, de manera que cada riel individualmente se puede identificar por las siguientes inscripciones en el alma:

- Peso y/o numero de sección del fabricante.
- Siglas del fabricante.
- Clase de riel por el enfriamiento.
- Peso nominal por yarda
- Tipo de riel
- Año de laminado
- Mes de laminado
- Pieza en el No. ordinal en el lingote

Antes de entregar los rieles al ferrocarril, las laminadoras pintan sus extremos para indicar la calidad de acuerdo con el color siguiente:

- El azul es un riel de alto carbón, resistente, bueno para emplearse en las curvas.
- El verde indica tramos cortos
- El amarillo es el primer riel de cada lingote. después de haber desechado las puntas.
- El blanco indica piezas de longitud completa.
- Sin pintura, es riel de bajo carbón, por lo general empleado en tangentes.
- Una X en el hongo, es un riel sujeto a prueba.

III.4.2.3.a DEFECTOS Y DESGASTE DE LOS RIELES

Los rieles se desmantelan, debido a su desgaste y defectos.

Todas las causas que acarrear el desmantelamiento de los rieles seles puede dividir en 4 grupos.

1. Iniciales : Consisten en defectos de fabricación.
2. Casuales : Son resultados de alguna influencia imprevista e inadmisibile ejercida sobre le riel, el equipo móvil defectuoso o por el personal de mantenimiento.
3. Desgaste : Producido por la influencia de las ruedas del equipo móvil al pasar por los rieles.
4. Defectos de fatiga: Surgen como resultado de la influencia ciclica y repetida de las ruedas.

Los defectos de riel pueden ser visibles o internos.- Los internos pueden ser fisuras en el hongo, el alma o patin, grietas verticales y lo que se llama rieles estubados. La manera de detectar los defectos internos es por medio de aparatos de ultrasonido (pruebas no destructivas) que pueden ser manuales o mecánicos: este ultimo es usual encomendarlo al carro Sperry que cuenta con aparatos electromecánicos que detectan los defectos internos.

Grados limite de desgaste de los rieles para ser aceptados:

DESGASTE

	Vertical (rodadura)	Lateral (1 sólo lado)
Via de 1ª clase	2 mm	3 mm
Via de 2ª clase	4 mm	7 mm
Via de 3ª clase (patios)	5 mm	8 mm

(3 milímetros en cualquier otro lado)

III.4.2.3.b SUJECIONES Y ACCESORIOS

Accesorios Longitudinales.- Uniones.

Las uniones pueden ser soldadas en el sitio o pueden emplanchueladas. La soldadura eléctrica en planta se considera más eficaz porque conserva la homogeneidad del material pero tiene el inconveniente de limitar el numero de piezas por transportar al sitio de colocación. Existen máquinas para soldar en el sitio, trasladadas sobre la misma vía llevando equipo de grúas, generadores eléctricos, etc., sobre el carro. La soldadura aluminotérmica consiste en una mezcla fundente de aluminio, magnesio y hierro que debe dosificarse previamente.

Se vacía la mezcla a través de un crisol cónico de material refractario y por gravedad se deposita en un molde de arena que se ciñe al contorno del riel y a la abertura de 15 mm que existe entre riel y riel, de esta manera el fundente liquido fluye y se solidifica dentro del molde; en cuento lo permita la temperatura se retira el equipo de soldadura y se debastan los sobrantes de material, por ultimo se esmerilan y pulen la parte superior y los cachetes del hongo del riel.

Planchuelas - Los tramos de riel varían 9 y 12 metros, para unir los extremos de dos rieles contiguos se colocan dos barras longitudinales atornilladas al alma, de manera que permitan el desplazamiento como juntas de dilatación, pero sujetando los rieles de manera que sigan ofreciendo la resistencia necesaria a las cargas horizontales y verticales. Las planchuelas deberán quedar simétricamente colocadas entre dos durmientes. Hay planchuelas de 4 y de 6 perforaciones, las de 4 son las más comunes

Los tornillos para las uniones están avellanados en la cabeza para que ajusten las perforaciones de la planchuela, las tuercas deben ser cuadradas, los tornillos son de 3/4", 7/8" y 1"

III.4.3 CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS

Son las de proveer una superficie de rodamiento capaz de soportar las velocidades y las cargas.

Secciones y gálibos reglamentarios:

Son las secciones mínimas que deben comprender la cama de la vía y se pueden distinguir en dos tipos, para la vía ancha standard o para la vía angosta, dentro de estas secciones y gálibos de distinguen tres tipos los cuales son:

Vía ancha o standard

- ◆ En terraplén
- ◆ En corte
- ◆ Túnel

Vía angosta

- ◆ En terraplén
- ◆ En corte
- ◆ Túnel

Condiciones fundamentales que deben cumplir las vías:

Las condiciones son tres, las cuales son: resistencia, flexibilidad y continuidad

La vía y los materiales de que esta compuesta deben estar relacionados con el material rodante para producir una marcha de trenes segura, estable y rápida, reduciendo al máximo la frecuencia y amplitud de los oscilaciones que son inevitables, dada la construcción de los carros con materiales elásticos y la suspensión de que están dotados.

La vía debe ser resistente a tal grado que no adquiera de formaciones permanentes y pronunciadas al paso de las cargas, cambiando su geometría horizontal o vertical. Debe ser flexible o elástica para que no forme un conjunto rigurosamente indeformable que pueda producir reacciones violentas al paso de los trenes o del material rodante, al contrario de las carreteras, donde el camino es rígido y las llantas flexibles, en este caso las llantas son rígidas y el camino flexible para que absorba parcialmente los desniveles producidos por un obstáculo aislado y reduzcan los enormes esfuerzos de inercia producidos por los ejes rígidos y pesados a grandes velocidades.

Requieren también continuidad geométrica, tanto en planta como en perfil. Cualquier discontinuidad horizontal o vertical produce lo que en términos ferroviarios se denominan "golpe de

vía", siguiendo golpe de nivel cuando la discontinuidad es vertical, y golpe de línea cuando es horizontal.

Condiciones fundamentales del material móvil.

1. Solidez entre los ejes y las ruedas (mancuerna) prácticamente integrales
2. Cejas o pestañas interiores en las ruedas que sirven para guiarlas y economizar la amplitud de la zona plana de la llanta o de los rieles.
3. Conicidad en las llantas para adaptarse en las curvas, reducir la fricción y absorber la diferencia de longitud que existe entre el riel exterior e interior de la curva.
4. Aplicación de la carga sobre cojinetes en la parte exterior de las ruedas para dar mayor anchura de sustentación y estabilidad al vagón o carro.
5. Paralelismo en los ejes por la sujeción de las mancuernas a la estructura rígida que compone el truck.
6. El plano vertical de las ruedas debe ser normal al eje.

III.4.3.1 GEOMETRIA DE LAS VIAS

Todo cuerpo en movimiento físicamente persiste en su trayectoria rectilínea, por las condiciones topográficas del terreno, resulta costoso proyectar vías rectilíneas entre puntos distantes, técnicamente la trayectoria de las vías son una serie de tangentes horizontales y verticales unidas por curvas de varios tipos que adaptan las vías a las fuerzas dinámicas producidas por el equipo rodante en movimiento. El movimiento de un cuerpo sobre la vía en tangente, teóricamente solo produce esfuerzos principales por el peso, al desplazarse por curvas horizontales y verticales produce otras fuerzas que es necesario considerar con el proyecto de las vías.

III.4.4 VIA ELASTICA

La superestructura de la vía se encuentra sujeta a esfuerzos estáticos y dinámicos, dentro de los primeros se consideran los producidos por la carga directa de los ejes del equipo rodante y los producidos por las variaciones de temperatura; los principales esfuerzos dinámicos son los impactos producidos por la velocidad de las cargas rodantes y por la guía de dichas cargas principalmente en las curvas, los producidos por la oscilación y cabeceo del equipo rodante y los producidos por las vibraciones.

Por lo contrario de lo que acontece en otras estructuras de ingeniería, el riel no ha cambiado sustancialmente de diseño, solo de calibre aumentando el momento de inercia, se le sigue considerando como una viga continua elásticamente apoyada que reparte la carga entre varios durmientes, con el incremento constante de las cargas por eje y las velocidades de los trenes el riel cede bajo la carga produciendo ondulaciones que se extienden en varias direcciones y se trasladan

con las ruedas; una excesiva ondulación produce mayor resistencia al rodamiento y se trasmite al durmiente y al balasto deteriorándolos.

Por lo tanto es deseable incrementar la rigidez de la viga riel y la resistencia a la flexión para lo cual hay dos maneras, incrementar la rigidez del riel, incrementando peso y costo o variar sus condiciones de apoyo, esta última solución resulta más económica, mejorando la sujeción y apoyando en una superficie mayor y más sólida como son los durmientes de concreto.

El apoyo elástico.- La placa de hule neopreno resistente a los derrames de los derivados del petróleo, tienen estrias en zig - zag dispuestos alternamente sobre las dos caras, con el fin de permitir la expansión del hule cuando se deforma la masa por la presión y acto continuo la recuperación elástica cuando viene la descompresión, sin las estrias la placa o zapata no podría recuperarse, al permanecer deformada perdería elasticidad su principal función.

Riel continuo en barras de gran longitud.- La mayoría de las vías férreas están constituidas con rieles de 9 a 12 metros de longitud y las uniones entre ellos se encuentran aseguradas mediante piezas especiales denominadas planchuelas (eclisas, joint bar); estas juntas de 2.5 mm de separación (1/8") constituyen una discontinuidad en la superficie de rodamientos que hasta hace poco se consideraba como un mal necesario para permitir la libre dilatación de los rieles, son la principal causa de desgaste del riel, no obstante se ha ensayado endurecer los extremos bajo diferentes métodos. En cada junta las ruedas de los vehículos chocan violentamente en los extremos de los rieles produciendo oscilaciones, movimientos desagradables a los pasajeros, desgaste, aflojamiento del material rodante y destrucción de la misma junta.

Es por eso que se penso en reducir el numero de juntas por kilometro alargando los tramos de rieles a 24, 36, 48 y hasta 60 mts. , Sin embargo esta solución no es definitiva sino contraproducente porque da lugar a los defectos de cadenamiento y deformaciones por flambeo en las zonas de menor rigidez de la vía, por lo que se concluyo en tratar de suprimir radicalmente las juntas. En un principio se encontró oposición a esta solución a causa del dogma de la libre dilatación, los esfuerzos teóricos de un riel que sube su temperatura de 20° a 60° debe dilatarse $(60 - 20) 0.0000105 = 0.00042$ de longitud inicial y si se encuentra inmovilizado se produce un esfuerzo de $0.00042 \times 2, 100 = 8.8 \text{ k/mm}^2$ aceptable ampliamente en ese material comparado con la fatiga de ruptura, aun cuando la resultante para dos rieles sea del orden de 100 ton., sin embargo, la practica parece afirmar que los esfuerzos reales son menores ya que se producen fenómenos de adaptación modificándose estructuralmente por termofluencia del metal el cual tiende al estado neutro de esfuerzos sin cambiar de dimensión.

La longitud de los rieles continuos se ha limitado más comodidad en la colocación y el mantenimiento, que por razones técnicas. En vías sobre durmientes de madera se pueden soldar dos o tres tramos, para evitar el flambeo de la columna de riel que se traduce en desplazamientos laterales de la vía. Se les da el calificativo de rieles de gran longitud, barras largas o largo riel soldado (L.R.S.) a aquellos de 200 metros en adelante, la practica con rieles largos a manifestado que en sus extremos por la poca resistencia que ofrece la junta de dilatación, solo 80 a 100 metros son afectados por la "respiración del riel", quedando fija la parte central de la barra larga en la sujeción a los durmientes y al balasto, de cualquier manera en ambos extremos de las barras largas se colocan agujas denominadas "juntas de dilatación" cuya función es absorber los corrimientos de los rieles sin perder la continuidad de la superficie de rodamiento.

Tendido de vía elástica. - Los tres factores que constituyen la vía elástica son: barras continuas, las placas de asiento de hule y la grapilla de sujeción metálica. La construcción de este tipo de vía puede seguir los métodos tradicionales cuando es tramo corto o bien mecanizar la construcción por medio de pórticos que desplazándose sobre los rieles auxiliares acarrea desde las plataformas del tren de trabajo "escaleras" o tramos armados de riel y durmientes que se van colocando progresivamente y sujetando entre si sobre la cama de la vía, quedando en aptitud de recibir el paso de los trenes de trabajo para distribuir el balasto con equipos de tolvas, a continuación se pasan las maquinas calzadoras que simultáneamente alinean, nivelan, levantan y calzan la vía, para finalizar con las máquinas reguladoras de balasto que perfilan la sección reglamentaria del balasto acarreado el volumen faltante y retirando el sobrante para ser empleado en otros tramos.

Construcción de barras largas, o largo riel soldado (L.R.S.).- Tradicionalmente se ha empleado una junta de expansión entre rieles metálicos consecutivos para absorber los cambios de longitud debidos al aumento o disminución de la temperatura ambiente. Se han experimentado muchos diseños para las barras de conexión entre los rieles (planchuelas de unión), pero la discontinuidad persiste, causando deformaciones, aplanaduras en las bandas de rodamiento, el incremento en la fuerza de atracción, deformaciones permanentes a la vía e incremento gradual en los costos de mantenimiento, sin considerar el peligro latente de un descarrilamiento al paso del material rodante, el desgaste a la vía y el equipo, ni el confort de los pasajeros. Los rieles por manejabilidad son barras de 39' hasta un máximo de 78' (23.77 mts).

El funcionamiento de las barras largas L.R.S. trae implícito el problema de las dilataciones que se absorben en el centro de la barra larga, fijando el riel al durmiente para que los esfuerzos se transmitan y sean absorbidos por el balasto, en ambos extremos de las barras largas se proveen ya sea de juntas de dilatación especial (JD) o anclajes especiales.

CAPITULO IV.- CARGAS Y ESFUERZOS EN LA VIA.

Para el soporte y guía del equipo rodante del ferrocarril, la estructura de la vía debe controlar las fuerzas laterales, verticales y longitudinales. Como elemento de la estructura de las vías, los durmientes reciben las cargas de los rieles con los elementos de sujeción y en su momento las transmiten al balasto y a la subrasante. Consecuentemente, el diseño de un durmiente se ve afectado por las características de los otros componentes de la estructura de la vía. Para el uso de durmientes de concreto se deben tomar en cuenta las diferentes condiciones de trabajo de las vías. Cuando tales sistemas se diseñan apropiadamente y sus partes se interrelacionan, instalan y mantienen de igual forma, las vías con durmientes de concreto pueden proporcionar vías de calidad superior.

El análisis de requisitos para tales sistemas debe involucrar necesariamente no solo al durmiente sino a todos los componentes de la vía, su interdependencia y las condiciones bajo las cuales se deben aplicar. Así se debe tomar en cuenta:

- El riel, la sujeción del durmiente, el balasto, la subrasante y la base.
- La calidad de cada componente, método de fabricación, instalación y mantenimiento.
- La dirección, magnitud y frecuencias de cargas impuestas por el tráfico, el efecto del medio ambiente (temperatura, clima) y aspectos económicos de instalación y mantenimiento.
- La necesidad de soportar y guiar los vehículos del ferrocarril mientras controlan las fuerzas repetidas laterales, verticales y longitudinales.

Las cargas de la rueda aplicada al riel, serán distribuidas por este a varios durmientes. Dicha distribución ha sido confirmada por algunas investigaciones de campo. La distribución de carga depende del tipo de durmiente y las separaciones entre eje, de la relación del balasto y de la subrasante y la rigidez del riel. El porcentaje de carga por rueda por riel soportada por un solo durmiente en forma individual es variable.

IV.1.- RIGIDEZ Y MODULO DE ELASTICIDAD DE VÍAS

Un criterio para definir las condiciones de apoyo o soporte de la vía, se ha manejado, desde unos 100 años atrás. Teóricamente se acepta que la vía se comporta como una viga continua, en donde el riel descansa sobre una base elástica, a todo lo largo de la vía; este criterio con frecuencia se describe como "Viga sobre apoyo elástico", que fue una teoría propuesta por el Ing. Winkler, en 1867 y divulgada ampliamente por el Prof. A. N. Talbot y por el Comité Especial de Esfuerzos en la vía, de las Asociaciones ASCE-AREA; el modelo introdujo el término "u", que es el MODULO VERTICAL DE VIA ó MODULO DE ELASTICIDAD DEL APOYO DE LA VIA, este módulo o parámetro es en realidad una medida de la rigidez vertical de la vía o de elasticidad del apoyo del riel; este apoyo incluye: Los durmientes, el balasto, el subbalasto y las capas que forman la subrasante. El módulo de elasticidad es un concepto que relaciona la deflexión de la vía bajo el efecto de las cargas y, relativamente es independiente de la sección transversal del riel.

Se han realizado una serie de experimentos por el Comité Talbot y por otros investigadores, relacionados con el tipo de superestructura de vías y sus correspondientes valores del Módulo de

Elasticidad, definiendo cuantitativamente, las condiciones de apoyo de la vía. También se han realizado experimentos de campo, apoyados en cargas estáticas y en diferentes tipos de superestructura de vía.

A valores bajos del Módulo de Elasticidad, corresponden condiciones de apoyo de vía modestos. consecuentemente se puede afirmar que, para bajos valores del Módulo de Elasticidad, se tendrán altas deflexiones de la vía, por la acción de las cargas.

Algunos otros experimentos y pruebas físicas, en Laboratorios y campo, han mostrado que los apoyos de una vía aceptable, deben presentar valores del Módulo de Elasticidad del orden de los 2,500 Lbs./pulg./pulg o sensiblemente mayores. En superestructuras de vía, con durmientes de concreto, se han determinado valores de 7,000 Lbs./pulg./pulg y aún mayores.

Por otro lado, es necesario considerar la dinámica rueda/riel, cuyos efectos es conveniente analizar, en vías con altos Módulos de Elasticidad o dicho de otra forma, en vías muy rígidas.

IV.1.a.- Mediciones con cargas dinámicas (vehículo en movimiento).

Aunque el Módulo de Elasticidad ha sido una herramienta útil para definir las condiciones de apoyo de la vía, tiene el inconveniente de que se ha determinado a partir de pruebas de carga estática.

Algunos experimentos más recientes se han dirigido a determinar valores del Módulo de Elasticidad bajo la acción de un vehículo de vía en movimiento; por lo menos en una de esas investigaciones, se ha reportado una estrecha correlación entre las variaciones de rigidez de la vía y las condiciones físicas de la vía y de la subrasante. Otros trabajos de investigación independientes, parecen confirmar la factibilidad de la obtención de valores del Módulo de Elasticidad de la vía, a partir de vehículos en movimiento, superando los experimentos realizados con pruebas estáticas; esta suposición ofrece la posibilidad de obtener valiosas mediciones de la calidad del apoyo de la vía, en una forma efectiva y rápida, con un vehículo de vía que opere a velocidades altas.

En experimentaciones mas avanzadas, se han medido los efectos del uso de nuevos tipos de materiales y fijaciones riel/durmiente, en el incremento de la rigidez de la vía; estos nuevos materiales introducidos en la superestructura de vías son: Durmientes de concreto y fijaciones elásticas, estas ultimas aplicadas, tanto en durmientes de madera, como en durmientes de concreto. Queda sobreentendido que a malas capas de subrasante y de balasto, corresponden soportes deficientes de vía y consecuentemente bajos valores del Módulo de Elasticidad de vía. El uso de los elementos ya citados; tipos de durmientes y fijaciones, pueden incrementar considerablemente la rigidez de vía, aun con capas de subrasante y de balasto en condiciones físicas modestas.

Se han realizado pruebas de laboratorio cuidadosamente controladas, sobre capas de subrasante en optimas condiciones de estabilidad y con 3 tipos de superestructura de vías:

- A). Vía clavada, sobre durmientes de madera.
- B). Vías sobre durmientes de madera y fijación elástica y
- C). Vía sobre durmientes de concreto y fijaciones elásticas.

El Módulo de Elasticidad medido, en los tres casos, fue superior a las 4,000 Lbs./pulg./pulg., correspondiendo a valores de la deflexión de 0.25 cm. El uso de la fijación elástica, en la vía con

durmiente de madera, incrementó el valor del Módulo en un 67% y en la vía con durmientes de concreto y fijación elástica, el Módulo se incrementó en un 100%.

Estas pruebas se efectuaron en vías con una tipo específico de balasto y de capa subrasante, bajo la carga simulada de un truck de 33 toneladas por eje.

Los resultados de los experimentos realizados han dejado bien establecido que si es posible lograr valores del Módulo de Elasticidad muy superiores a los analizados por el Prof. Talbot. Sin embargo no queda muy claro el efecto de una vía muy rígida, frente a impactos o fuerzas dinámicas provocadas en el contacto rueda/riel y particularmente en estructuras de vía super rígidas, con valores de "u" del orden de las 10,000 Lbs./pulg./pulg.: es éste un asunto de vital importancia que tendrá que resolverse en experimentos y evaluaciones mas profundas.

IV.1.b.- Características del modulo de elasticidad.

El Módulo de Elasticidad o de rigidez no solo varia en función de la estructura de la vía y de sus condiciones físicas sino que también es una función de la carga en sí. Este comportamiento se opone al hecho de que la infraestructura de la vía, particularmente la cama de balasto y la capa subrasante, son materiales cuya deformación no es lineal, esto es que su deformación bajo la acción de las cargas, no se comporta en forma lineal, sin embargo la teoría de la viga sobre apoyo elástico, supone que estas condiciones de apoyo, son lineales, es decir que el apoyo de la vía actúa como un resorte, con deformación lineal.

La diferencia entre la teoría y la realidad es la relación entre el Módulo, calculado a partir de la viga con apoyo elástico y la intervención de la carga.

El valor del Módulo es en si una función directa de la carga, el valor de la carga en el cual es tomada la deflexión.

IV.1.c.- Comportamiento dinámico.

Debido al comportamiento no lineal, es necesario determinar el valor del Módulo en las proximidades del valor de la carga deseada. Así para una vía que soporta carros de 100 toneladas, el Módulo debería ser medido bajo una carga de 15 toneladas o una ligeramente menor o mayor, pero no muy diferente, para detectar el comportamiento de la vía, bajo este tipo específico de tráfico.

Las comparaciones entre valores de Módulo, tomados a diferentes niveles de carga, pueden ser a consecuencia de este comportamiento, muy imprecisas y deben hacerse con algunas reservas.

Otro comportamiento observado recientemente, asociado con la variación del Módulo a lo largo de la vía, es el efecto del comportamiento dinámico del vehículo. Específicamente, la variación del Módulo, a lo largo de la vía, puede excitar el movimiento vertical del carro e iniciar un movimiento armónico en el vehículo en movimiento.

Este tipo de comportamiento, que se ha demostrado teóricamente, fue confirmado recientemente en las pruebas de la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR), en donde se usó un carro instrumentado, haciendo las mediciones en varios sitios, a lo largo de la vía: el carro genera cargas verticales que excedieron en 1.8 veces la carga estática: estas cargas en exceso, se atribuyeron a defectos o irregularidades de la vía de prueba, tales como patinaduras o soldaduras bajas. Sin embargo, en un sitio de prueba se observaron variaciones distintas en las condiciones de apoyo de la vía.

La medición de la deflexión de la vía y de su módulo asociado, en este sitio, mostró una trayectoria distinta de la variación del valor del módulo. El valor del módulo varió, desde un valor bajo de 0.6 Kips./pulg.² (600 Lbs./pulg./pulg.), correspondiendo a un apoyo de vía malo y deficiente, a un valor alto de 1.5 Ksi (1,500 Lbs./pulg./pulg.), que corresponde a un apoyo moderadamente bueno, más aún, la variación del módulo fue periódica.

La interpretación de esta variación periódica en las condiciones de apoyo, es que la vía actuó como si tuviera una serie discontinua de irregularidades en la superficie de la subrasante: esto se tradujo en impactos del vehículo en movimiento, con los correspondientes incrementos de las cargas verticales. Así, mientras los ingenieros de vía han deducido intuitivamente algunas de las consecuencias de una vía en malas condiciones, la habilidad de medir las condiciones de soporte de la vía, a través de las mediciones o determinaciones de su módulo de elasticidad, constituye una herramienta para elegir y mantener la superestructura de la vía.

En la Tabla IV.1.c, se muestran algunos valores del módulo de elasticidad "u" correspondiente a diferentes tipos de materiales para balasto y terracería.

TABLA IV.1.c.- VALORES DEL MODULO DE ELASTICIDAD "u".

SECC. DEL RIEL	DURMIENTES	TIPO DE BALASTO Y TERRACERIA.	VALOR DE "u" (LBS./pulg./pulg.)
85 Lbs./yd.	7"x9" x 8' 6" Espaciado a 56 cm	Escoria con 15 cms de espesor. Subrasante de marga y arcilla	530
85 Lbs./yd.	7"x9" x 8' 6"	Escoria con 15 cms de espesor, en condiciones regulares. Subrasante de marga y arcilla	750
85 Lbs./yd.	6"x8" x 8" espaciado a 56 cm.	Calizo, con 15 cms de espesor, en buenas condiciones antes del calzado. Subrasante de marga y arcilla	970
85 Lbs./yd	6"x8" x 8" espaciado a 56 cm.	Calizo, con 15 cms de espesor, en buenas condiciones antes del calzado. Subrasante de marga y arcilla	1.080
85 Lbs./yd	7"x9" x 8'	Calizo, con 30 cms de espesor, en buenas condiciones antes del calzado. Subrasante de marga y arcilla	1.065
85 Lbs./yd.	7"x9" x 8'	Calizo, con 30 cms de espesor, en buenas condiciones antes del calzado. Subrasante de marga y arcilla	1,090

**TABLA IV.1.c.- VALORES DEL MODULO DE ELASTICIDAD "u".
(CONTINUACION)**

85 Lbs./yd	7"x9" x 8'6" espaciado a 56 cms.	Calizo, triturado, con 61 cms de espesor. Subrasante de marga y arcilla	1,200
130 Lbs./yd., RE.	7"x9" x 8'6" espaciado a cada 56 cms.	Grava, con 61 cms de espesor. Subrasante.- Capa de sub-balasto de 20 cms de espesor, bien compactada.	3,000
110 Lbs./yd., RE.	7"x9" x 8', espaciado a cada 56 cms con fijaciones elásticas (GEO)	Grava, parcialmente triturada. Subrasante amplia y estable.	Prom. 2,900
110 Lbs./yd., RE.	7"x9" x 8', espaciado a cada 56 cms . fijaciones elásticas (GEO).	Calizo, sobre una subrasante amplia y estable.	Prom. 5,100

IV.2.- IMPACTO DE LA RUEDA SOBRE EL RIEL.

Ultimamente se ha venido otorgando especial importancia a la interacción rueda/riel, así como a los impactos resultantes de los defectos o fallas en la superficie de esos dos elementos, el interés creciente es debido a fallas, cada vez más frecuentes, por el incremento de las cargas por eje, así como a mayores rangos de velocidades de operación.

En la medida en que se tiene un conocimiento más exacto de los efectos de las cargas por eje incrementadas, en el comportamiento y duración tanto del equipo como de los componentes de la vía, más importante llegará a ser un monitoreo y control de esas cargas; esto es más importante para cargas dinámicas.

Estas cargas, que generalmente van asociadas con defectos de ruedas o rieles, más que por golpes de línea y nivel, son controladas o eliminadas con una política intensiva y extensiva de mantenimiento de equipo y de vía; esta es una preocupación constante en el campo de investigación, de los últimos años.

IV.2.a.- Defectos de ruedas.

La Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.), dentro del comité respectivo, examinó los efectos de una rueda plana, tanto en el equipo como en la vía; el estudio reveló que una aplanadura del orden de $2 \frac{1}{2}$ " (6.35 cm), puede producir relaciones de impacto de dos o mayores.

La relación de impacto rueda/riel se define como el cociente de la carga dinámica sobre la carga estática, consecuentemente una relación igual a dos (2), significa que la carga dinámica duplica el valor de la carga estática de rueda o eje, sobre el riel.

Aplanaduras del orden de $4 \frac{1}{4}$ " (10.8 cm) han provocado relaciones de impacto mayores de 4 (cuatro); de lo anterior se ha concluido y recomendado que, aplanaduras con un valor de 0.50" (0.13 cm), que corresponden a una longitud de cuerda, de la rueda, de $2 \frac{1}{2}$ " (6.35 cm), deberá removerse o retirarse del servicio, para su reparación o rechazo.

Algunos trabajos de investigación recientes, llevados a cabo, en parte por el uso creciente de durmientes de concreto, han incluido otros tipos de fallas o defectos de ruedas, como pueden ser: ruedas ovaladas y agrietadas que en algunas condiciones son aceptadas por las reglas de intercambio de la Asociación Americana de ferrocarriles (A.A.R.).

Dos estudios recientes, llevados a cabo por dos ferrocarriles diferentes, arrojaron resultados interesantes, uno de ellos fue que un considerable número de ruedas en operación, registraron valores de impacto rueda/riel, en secciones de vía con durmientes de concreto, en vía en tangente, puentes y zonas de cambio, del orden de 150% y en algunos casos sobresalientes de 250%, en este último rango el impacto fue del orden de 3.5, el valor de la carga estática por rueda y esto para ruedas que son catalogadas por la A.A.R., en sus reglas de intercambio, como no "condenables".

Algunos resultados similares se obtuvieron en una vía principal, armada con durmientes de concreto monolíticos, en el ferrocarril Amtrak, de los Estados Unidos de N.A., tanto con el paso de trenes de pasajeros de alta velocidad, como de trenes cargueros, operando en el corredor Noroeste,

registrándose valores altos de la carga de impacto vertical. Como en el caso de otro ferrocarril, un alto porcentaje de estos registros corresponden a ruedas con fallas aceptadas por las reglas de intercambio, en vigor, de la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.).

Las pruebas realizadas evidenciaron, en la operación ferroviaria del vecino país del Norte, existe una importante proporción de equipo de carga principalmente, que esta generando impactos verticales importantes, en el contacto rueda/riel, en consecuencia, este hecho se traduce en un incremento de daños en los distintos componentes de la vía.

Aunque estos experimentos se han realizado en vías principales armadas con durmientes de concreto, se sospecha que también se están generando en vías sobre durmientes de madera, con iguales o parecidos incrementos en los costos de mantenimiento.

IV.3.- RIGIDEZ DE LA VÍA E IMPACTO.

Debido al interés creciente en las aplicaciones del durmiente de concreto y el correspondiente incremento de la rigidez de la vía, o el modulo de elasticidad de la vía, la dinámica de las cargas rueda/riel, viene a ser de vital importancia analizarlas y medirlas, para diversos valores del modulo de elasticidad de la vía. (Rigidez de vía).

La rigidez de la vía o modulo vertical de vía, se define como la carga, por unidad de longitud de riel, necesaria para deformar ese riel en una medida convencional (deformación unitaria).

Algunas pruebas físicas realizadas en el campo de pruebas de Pueblo Colorado, (U.S.A.), han demostrado que superestructuras de vía similares, sobre terracerías de calidad equivalente, las armadas con durmientes de concreto, han registrado valores del modulo de vía, del orden del doble del modulo de vía, armada con durmiente de madera.

En términos generales un modulo de vía alto parece tener algunas ventajas, al disminuir la deflexión de la vía bajo la carga de rueda, se reduce el deterioro de los componentes de la vía, pero la aparición de fallas y defectos de la rueda y/o del riel, aun en bajos rangos, provocan fuerzas de impacto considerables. Las fuerzas dinámicas o de impacto provocadas por los contactos rueda/riel defectuosos son una función del cuadrado de la velocidad, por lo que a los valores del orden de las 150 a 120 millas/hora (160 a 192 Km/hr), velocidades que ya se registran en el corredor Noroeste, de la Red Norteamericana de Ferrocarriles, es de vital importancia el monitoreo y control de estas fuerzas dinámicas.

El tipo de superestructura de vía, desde el punto de vista del concepto rigidez o modulo de elasticidad, viene a diferenciar dos grandes conceptos de superestructura de vía. La vía armada sobre durmientes de concreto y la armada sobre durmientes de madera.

Es importante hacer notar que la vía sobre durmientes de madera muestra una mayor resistencia, con su correspondiente modulo de elasticidad bajo, generando moderados impactos rueda/riel, en comparación con la vía sobre durmientes de concreto, sujetas a idénticas a condiciones de carga (ruedas) y velocidad.

IV.3.a.- Elementos de amortiguación.

Buscando minimizar las cargas de impacto en la vía, con durmientes de concreto, principalmente, se han instalado, en los asientos del riel, placas de amortiguamiento, pudiendo ser de hule, neopreno, y otros materiales de mayor capacidad de residencia (capacidad de absorber esfuerzos sin fatigarse), que al mismo tiempo reducen la rigidez general de la vía, el resultado del uso de estos elementos.

Así cuando se tomen decisiones para mejorar las vías, deberá llevarse a cabo un análisis detallado de los defectos permisibles en la rueda y en el riel, así como las características de elasticidad de la estructura de la vía.

IV.4.- LA RELACIÓN L/V (CARGA LATERAL/CARGA VERTICAL) EL ANGULO DE INCIDENCIA DE LA RESULTANTE. (o)

De particular importancia es el análisis de la interacción vehículo/vía, al combinarse las acciones de las fuerzas dinámicas laterales (L) y las fuerzas verticales (V) que el tren impone sobre la vía.

La relación L/V, de esas fuerzas, es un parámetro de uso común es la dinámica tren/vía.

Esta relación o cociente L/V, se puede cuantificar por dos métodos:

- 1.- Mediante mediciones físicas en pruebas de campo.
- 2.- Mediante análisis teórico (matemático).

Los valores de esta Relación L/V, proporciona una indicación de fallas potenciales o incipientes del binomio TREN/VÍA; los tipos de fallas se agrupan en dos grandes categorías:

- A) Ampliación dinámica del escantillon.
- B) Salto de la rueda sobre el riel.

En el primer caso, la separación de los rieles de la vía, que según la norma debe ser de 1.435 mm., se altera por la acción de la rueda, o del truck, al transitar, principalmente a lo largo de una vía en curva.

En el segundo caso, la rueda o ruedas de un truck, se salen de su trayectoria, saltando el riel, sin falla estructural de la vía, lo que se conoce como un típico descarrilamiento.

Estos dos grupos de fallas o forma de falla, se pueden valorar por la relación ya mencionada L/V.

En el caso de la ampliación dinámica del escantillon, que puede ocurrir aun en una vía bien conservada, el mecanismo de falla opera por una rotación de uno de los rieles, sobre su eje vertical y hacia el exterior de su posición original; generalmente se observa en el riel exterior de una vía en curva, aunque también es común que esta falla es el total volteamiento del riel y el caso favorable, la falla de ampliación del escantillon, que se produce por un desplazamiento lateral del riel o un

pequeño giro, sobre su eje vertical, generalmente cuando las condiciones del durmiente o durmientes, es muy pobre.

El salto de la rueda sobre el riel, produce el descarrilamiento del carro, este fenómeno generalmente se asocia con valores de la relación L/V , por lo tanto el valor de esta relación se puede limitar a un valor de seguridad que anule o evite esta tendencia al descarrilamiento, este VALOR LIMITE o VALOR ESPECIFICADO es el LIMITE DE NADAL: para perfiles de ruedas típicos y valores de coeficientes de fricción normales, este limite de Nadal es de 0.80.

La tendencia al descarrilamiento de una rueda o ruedas de un carro, también se correlaciona con el valor del ángulo de ataque de la rueda, con referencia al eje longitudinal del riel. La relación correspondiente entre el "descarrilamiento incipiente", el cociente L/V y el ángulo de ataque de una rueda, se presenta en la figura 2, en donde se puede observar que para valores altos del ángulo de ataque: el cociente L/V , se aproxima al valor limite de Nadal, citado con anticipación.

Por lo tanto, el cociente o relación L/V sirve como una medida de las dos fallas potenciales descritas:

El valor 0.64, para la ampliación dinámica del escantillon. Y

El valor 0.80, para la salida de la rueda o descarrilamiento.

IV.5.- CARGAS VERTICALES SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA.

Para poder entender el comportamiento y funcionamiento de la superestructura de la vía frente a las licitaciones de cargas, es necesario tener un amplio conocimiento de los tipos y magnitudes de las cargas que se derivan del movimiento de trenes: esta preocupación se hace mas importante atenderla, en virtud del constante mejoramiento de los equipos de carga, principalmente.

Las cargas impuestas por el movimiento del vehículo (tren), se dividen en tres categorías, correspondiendo a los planos de carga: Vertical, Lateral y Longitudinal; en esta primera parte atenderemos a las cargas que accionan en el plano vertical de la estructura de vía.

Las cargas verticales están representadas por el peso del carro, así como de ciertos incrementos que se agregan a la carga estática; estos incrementos corresponden a fuerzas de impacto causadas por una serie de factores externos:

Irregularidades en la geometría de la vía.

Irregularidades en la superficie del riel.

Irregularidades en la superficie de la rueda, etc.

La magnitud de estas fuerzas dinámicas, que se agregan a las cargas estáticas, están en estrecha relación con el tipo de nivel de defecto, la velocidad de operación del convoy, la masa no

amortiguada del vehículo y la rigidez global de la vía, en su conjunto y a las características de suspensión del carro.

Se han hecho una serie de esfuerzos para determinar analíticamente este comportamiento dinámico y las cargas resultantes, sin embargo las mediciones físicas directas, es la técnica mas efectiva para definir el rango de estas cargas, en el campo de operación convencional de los Ferrocarriles.

IV.5.a.- Mediciones físicas en algunas investigaciones recientes.

Un trabajo de investigación reciente a enfocado sus esfuerzos en la determinación y medición de las cargas, sobre la estructura de la vía, bajo la operación de un amplio rango de equipo de carga, desde un carro con un peso de 70 toneladas hasta uno de 125 tons., mediante algunas técnicas de medición con equipos instalados lateralmente a la vía; así como con vehículos medidores.

Se encontraron condiciones extremas de cargas muy altas en pruebas de "impacto controlado", llevadas a cabo sobre vías deliberadamente alteradas, los resultados muestran que las cargas dinámicas pico, en rangos entre 2 y 4 veces la carga estática, se obtuvieron bajo condiciones de "Impacto de resonancia"; los carros estaban equipados con suspensiones convencionales. Los carros con suspensiones "premium", no produjeron tan altos niveles de cargas dinámicas.

Una interpretación adecuada de las cargas impuestas sobre la estructura de la vía, pueden guiarnos en la elección del tipo y calidad de la vía y ayudarnos a elaborar los programas de mantenimiento de la vía, bajo distintos tipos de tráfico.

IV.6.- CARGAS LATERALES SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA.

Las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura de la vía son generadas por el desplazamiento del vehículo (carro), a lo largo de la vía en curva, principalmente el equipo de carga, como consecuencia de la inestabilidad lateral o a la respuesta del carro a las irregularidades de vía. Durante el trayecto en curva se generan fuerzas laterales debido al patinamiento del conjunto de ruedas o al contacto de la ceja con el hongo del riel, mayoritariamente en el riel alto de la curva. La inestabilidad lateral o mas comúnmente conocida como "bamboleo del truck", depende de las características particulares del equipo, así como de la velocidad de operación; finalmente, las irregularidades de la vía, se pueden generar cargas laterales. El valor de esas cargas laterales, depende de la amplitud y forma de la falla, las condiciones de la vía y el estado físico del equipo. En forma semejante a lo ocurrido con la medición de las cargas verticales, la detección y medición de las cargas laterales, ha sido extensamente realizado, a lo largo de los años.

En el caso de la operación de vehículos (carros) en vías curvas, los carros de carga, equipados con trucks convencionales de tres piezas, mantienen su trayectoria a lo largo de la curva merced a su conjunto de ruedas con ceja; en contrapartida, este perfil especial de la rueda genera fuerzas laterales importantes, en el contacto rueda/riel, que están en función de: Grado de curvatura, sobreelevación de la curva, tipo y longitud de curvas espirales, velocidad del equipo (o

alternativamente sobreelevación desbalanceada), así como de las condiciones físicas de la superficie de rodamiento de las ruedas y de la sección del hongo del riel.

El conocimiento del tipo magnitud de las cargas laterales, contribuirá a la elección del mejor tipo de vía, a la vez que coadyuvará a la formulación de programas de mantenimiento de las vías de Ferrocarril

IV.6.a.- Cargas dinámicas sobre la estructura de la vía, el efecto de las suspensiones "premium".

En los capítulos anteriores se discutió la medición de las cargas dinámicas generadas por equipo de carga convencional, con trucks estándar de tres piezas; en algunas experiencias recientes se trabajó con equipos de carga de tecnología avanzada, dotados de suspensiones especiales o tipo "Premium", que como veremos mas adelante, las cargas dinámicas se reducen considerablemente.

En pruebas físicas efectuadas en el campo de la prueba en Pueblo Colorado y auspiciadas por la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.), empleando equipo de carga de 125 toneladas de peso, con suspensión primaria, generando cargas dinámicas 40% inferiores a las cargas registradas por un carro de carga, del mismo peso pero con sistema de suspensión convencional; el factor de carga dinámica fue de 2.8 veces el valor de la carga estática, mientras que con el carro con suspensiones "premium" fue de 1.8 al valor de la carga estática.

Las cargas dinámicas se midieron, sobre una vía emplanchueladas con medio cuatrapeo, mediante instrumentación colocada lateralmente a la vía y se compararon las mediciones con aquellas realizadas con equipo convencional de carga, (tolvas), de 100 y 125 toneladas de peso total.

Llevando a cabo un análisis de costos del ciclo de vida, los costos relativos de los sistemas "premium", podrán compararse con sus beneficios reales y así determinar su factibilidad económica.

IV.7.- CARGAS LONGITUDINALES SOBRE ESTRUCTURA DE LA VÍA.

Otro grupo de cargas que accionan sobre la vía lo constituyen las cargas o esfuerzos longitudinales a la estructura de la vía, citándose las siguientes:

- a) Esfuerzos por temperatura, que producen fuerzas de tensión y/o compresión en los rieles que integran la vía, principalmente en rieles soldados de gran longitud. Estas fuerzas de tensión/compresión, en rieles soldados, colocados en vías curvas, pueden tener una competente radial y que por lo tanto la convierte en una fuerza transversal o lateral.
- b) Fuerzas de frenaje/arranque, provocadas por el contacto y adherencia de la rueda o ruedas de locomotoras y carros, con la superficie de rodamiento del riel; el efecto de estas fuerzas se manifiesta por el desplazamiento de la vía, en sentido contrario al desplazamiento del carro o

tren y esta en función de las cargas por eje y en el caso de la carga de frenaje, de la velocidad de operación de trenes y de los niveles de frenaje, correspondiendo valores altos a los frenajes de emergencia, generalmente, freno automático de aire.

En este capítulo dedicaremos especial atención al primer tipo de esfuerzos en virtud de los efectos que se están presentando en las vías, armadas con rieles de gran longitud.

IV.7.a.- Rieles soldados de gran longitud.

Teoría de la expansión.

Si se le permite a un riel que se deforme libremente, su longitud aumentara en 0.00000651, por cada grado Fahrenheit de temperatura; si la temperatura aumentara en 100°F el valor de la elongación seria de 41 pulgadas por cada milla de longitud de riel.

Los elementos consecutivos de la vía, tales como: planchuela, ancla, placa de apoyo y otros de tipo especial, ejercen una fuerza que tiende a oponerse a los esfuerzos por deformaciones del riel, exceptuando los extremos en donde el riel se deforma libremente, en el caso de la vía clavada.

Para cualquier cambio de temperatura "t", el incremento de longitud (Δl) esta dado por la siguiente expresión.

$$\Delta l = Et \quad ; \quad E = 0.000012$$

Deformación unitaria (Δl), para $l = 1.0$

$$\Delta l = 0.000012 \Delta t \quad - \quad (1)$$

Supongamos una longitud de riel = 1.0 milla = 1,600 m y $\Delta t = 38^\circ\text{Fahrenheit}$.

$$\Delta l = 0.733 \text{ m. (para 1.0 milla)}$$

$$\Delta l = 0.456 \text{ m. (para 1.0 Km)}$$

Si se aplica una fuerza de compensación a lo largo del riel, fuerza que se oponga a la tensión provocada por la deformación, el cambio en la longitud del riel estará dado por la expresión:

$$\triangle l = \frac{f}{E}$$

$$\triangle l = \frac{\text{Esfuerzo unitario de tensión o compresión}}{\text{Modulo de elasticidad (acero)}}$$

En la vía clásica (clavada), se dispone de una fuerza que se opone al esfuerzo de deformación, motivado por cambios de temperatura en el riel, esta fuerza esta representada por la acción de planchuela y anclas.

Los durmientes colocados en el tramo intermedio de un riel, prácticamente no requieren anclaje, para resistir los esfuerzos provocados por la deformación del riel, sin embargo se aconseja aclararlos para prevenir una rotura del riel en esa zona intermedia.

El valor del desplazamiento del riel será igual a :

$$l = \frac{NT}{AE} \cdot \frac{L}{2}$$

Apoyándose en la expresión de la deformación.

L = Longitud del riel sujeta a movimiento.

A = Area sección transversal del riel.

E = Modulo de Elasticidad del acero (riel).

En el caso de la vía elástica, con grapas metálicas ejerciendo una presión constante sobre el patín del riel, se tiene una mayor eficiencia para contrarrestar la deformación (o el esfuerzo) por temperatura.

IV.7.b.- Soldadura de rieles y temperatura, fuerzas de tensión y compresión.

Las fuerzas de compresión se desarrollan cuando la temperatura del riel es mayor que la "temperatura neutra o de equilibrio". Contrariamente, si la temperatura del riel decrece, debajo de la temperatura neutra, se desarrollaran fuerzas de tensión, en la masa del riel; si estas fuerzas aumentan considerablemente acción se manifiesta con roturas del riel. Así la aparición de fuerzas térmicas de compresión y tensión, dependerá de las diferencias de temperatura del medio ambiente y de la temperatura neutra del riel; sin embargo, es necesario tener cuidado en medir no solo la temperatura ambiente, sino también la propia temperatura del riel; se ha detectado casos, en localidades de intensos calores, que la temperatura del riel puede ser 10 a 15 grados centígrados, mayor que la temperatura ambiente.

IV.7.c.- Temperatura neutra o temperatura de equilibrio.

Teóricamente se denomina temperatura neutra a la temperatura del riel en la cual no se producen esfuerzos de tensión ni esfuerzos de compresión: es decir, a la que corresponde cero deformación.

IV.7.d.- Temperatura de colocación (soldadura) de rieles de gran longitud.

Existen un gran numero de Ferrocarriles que cuentan con Normas bien definidas y rangos de temperatura específicos, para la soldadura y armado de rieles de gran longitud, esta temperatura de colocación se elige y define para Región geográfica y generalmente se establecen intervalos de temperatura, neutra de equilibrio, tratado de evitar tanto la deformación lateral de la vía como las roturas del riel.

Existen otros criterios, aplicados en localidades con bajos o nulos registros de temperaturas bajas (climas cálidos) en donde, para los trabajos de soldadura y colocación de rieles largos, se elige como temperatura de colocación, un valor cercano, digamos 10 grados centígrados, abajo de la temperatura máxima registrada, esto es con el fin de evitar al maximo, las deformaciones laterales de las vías, fenómeno que en nuestro medio se conoce como "ondulación" o "chicoteo", de la vía.

En caso contrario, en localidades que registran temperaturas extremadamente bajas y en tratándose de vías o territorios señalizados (circuitos eléctricos), la temperatura de colocación del riel, se elige dentro de rangos que eviten, en todo lo posible, roturas de rieles.

De trabajos de investigación recientes se ha determinado que la temperatura de colocación de los rieles de gran longitud, no es constante, varia en función del tráfico y de la programación de las actividades de mantenimiento, con una tendencia marcada a decrecer, resultando, en algunas ocasiones que a menos que la temperatura neutra del riel; consecuentemente, en el armado de la vía, con rieles soldados, se tendrá mayores esfuerzos de compresión potenciales.

Las variaciones de corto plazo, parecen estar asociadas a trabajos de mantenimiento, tales como la nivelación y cambio de durmientes. También se observo en estas pruebas, algunas variaciones estacionales, en la temperatura neutra del riel. Las conclusiones del estudio fueron las siguientes:

1. En vía en tangente, la disminución de temperatura ocurre predominantemente durante los cambios estacionales: Verano – Invierno e Invierno – Primavera.
2. Importantes decrementos en el valor de la temperatura neutra del riel, ocurren en curvas inversas, con tangente intermedia
3. Turnos de trabajo cortos, se asociaron con trabajos de nivelación de vía.
4. La tendencia general de la temperatura neutra, fue de disminución y posiblemente estabilización, a un valor reducido.

Los resultados anteriores sugieren que no es conveniente elegir a la ligera los valores de temperatura de colocación de los rieles soldados, especialmente en rangos elevados; se deben hacer mayores esfuerzos y observaciones (mediciones de campo), para evitar en lo posible el fenómeno de la deformación lateral de la vía, a la vez que la elaboración de los programas y ciclos de mantenimiento.

IV.7.e.- Ondulado de la vía y dinámica del carro.

A la fecha no se cuenta con técnicas efectivas para la detección de secciones de vía con tendencia a ondularse, por lo tanto es imperativo que los responsables del mantenimiento de vías, construidas con rieles soldados de gran longitud, exageren los cuidados para prevenir este indeseable fenómeno.

Existe una creencia generalizada, en el sentido de que la deformación de la vía soldada solamente se presenta cuando no soporta el tráfico de trenes y como consecuencia de una falla de rigidez o resistencias transversal de la vía; algunos investigadores se han encaminado, especialmente al análisis y medición de los efectos de las cargas dinámicas del vehículo (carro) y su relación con la ondulación de la vía, poniendo su atención en el fenómeno de levante que se produce en rieles y durmientes, al paso de las ruedas de un tren; podríamos llamarle, ondulación en el plano vertical, fenómeno este que provoca un porcentaje variable de pérdida de anclaje de los durmientes, en la cama de balasto; así mismo buscaron alguna correlación con la ya abordada relación de cargas laterales y verticales, la relación L/V .

IV.7.f.- Limite de Incremento de Temperatura.

Este concepto establece que si la temperatura del riel, arriba de la temperatura neutra en vía en tangente, es menor que este valor de incremento de seguridad, se acepta que el "chicoteo" de la vía no ocurrirá; si es mayor que este valor, se tendrá un peligro potencial de ondulación de la vía.

Estos experimentos demostraron que la presencia de un tren en movimiento, generando cargas dinámicas, puede reducir este valor permisible de temperatura, abajo del correspondiente a la condición de "valor estático" o condición en donde el tren o carro, están ausentes.

Como se comento con anterioridad, la presencia, en la vía, de un tren en movimiento genera un levante de la vía, en la proximidad de la rueda, bien sea el frente del carro o locomotora o en el espacio comprendido entre dos trucks.

La magnitud real de esa elevación de la vía, el porcentaje de pérdida de resistencia lateral y por lo tanto la resistencia a la ondulación o chicoteo de la vía, esta en relación con los siguientes parámetros:

- a) Espaciamiento de los trucks del carro o carros.
- b) Valor de carga por eje.
- c) Modulo de elasticidad o rigidez de la vía.

En carros muy largos, como pueden ser las plataformas para el servicio de Piggyback, las temperaturas de ondulado dinámico, se reducen en valores comprendidos entre 20 y 30%, con respecto a "valores estáticos" (con ausencia de tren).

IV.7.g.- La influencia de la curvatura.

Para el caso de fuerzas laterales y verticales combinadas y la consecuente relación L/V, la curvatura de la vía y el "incremento de temperatura de seguridad". Se puede observar que para curvatura menor de 4 grados, la relación L/V del truck, mayor de 0.60, produce un bajo incremento de la temperatura de seguridad, así existe una mayor posibilidad de ocurrir el "chicoteo" de la vía, en comparación con la "condición estática", de la vía. (sin la presencia del tren).

Para curvatura mayor de 4 grados, el mecanismo oscila entre un chicoteo repentino y un ondulado progresivo: esto es importante donde existen secciones transversales de la vía con imperfecciones o defectos, que minimicen la estabilidad lateral de la vía.

Para valores de la relación L/V menores de 0.60, el incremento de temperatura de seguridad, abajo de las ruedas, se observa que es menor al correspondiente para el caso de "condición estática" de la vía.

En un estudio auspiciado por la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.), en donde se analizaron 65 descarrilamientos asociados con el chicoteo de la vía, 44 de ellos (68%) por el efecto del paso del tren, sobresaliendo que en 34 de estos descarrilamientos, se reportaron operaciones de tren normales, esto es, sin la ejecución de frenado, concluyéndose que "el paso de los trenes fue la causa primaria del chicoteo de la vía".

Deberá notarse que solamente el 12% de los incidentes de chicoteo de vía reportados, de un total de 479 incidentes, provocaron descarrilamientos.

No se dispuso de información acerca del tiempo transcurrido entre el paso de los trenes y la aparición del chicoteo.

El peso de un tren sobre un segmento de vía, generalmente en malas condiciones físicas o de mantenimiento, puede agravar las condiciones de la superestructura de la vía, a tal grado de incrementar las posibilidades del chicoteo.

Consecuentemente, el mecanismo descarrilamiento – chicoteo de la vía, como se ha reportado, sugiere un acuerdo con los resultados obtenidos teóricamente, sobre los efectos del movimiento de un vehículo sobre las vías.

CAPITULO V.- PROYECTO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DEL DURMIENTE DE CONCRETO PRESFORZADO "COMECOP".

El manual A.R.E.M.A. en su apartado 10.1.4 relativo a la resistencia a la flexión del durmiente de concreto presforzado; nos presenta un método para el calculo de los momentos que actuaran sobre el durmiente y para los cuales deberán ser diseñados. Este método toma en consideracion la velocidad de transito de los carros, la capacidad de tonelaje anual, y por ultimo la distancia de separación entre durmientes.

Debido a que en México no existen normas que regulen los diversos aspectos necesarios para el diseño y construcción de durmientes, el durmiente "COMECOP" es diseñado de acuerdo con los requerimientos del cliente y cumpliendo los lineamientos marcados por el manual.

Es importante hacer notar que en la actualidad debido a la reestructuración de Ferrocarriles Nacionales de México (F.N.M.). La mayor parte de las líneas ferroviarias están en manos de la iniciativa privada, creándose varias empresas para el manejo de las mismas, por lo que cada una de estas empresas puede manejar sus especificaciones particulares (que en ocasiones son copia fiel de la especificación FNM-3 de Ferrocarriles Nacionales de México, la que a su vez toma como base los lineamientos marcados por lo que será el "Manual A.R.E.A.").

V.1.- PROYECTO GEOMÉTRICO:

De acuerdo al manual, el durmiente debe cumplir con las siguientes características:

V.1.a - Dimensiones y configuración del durmiente.

Se deberá tener como máximo las siguientes dimensiones

Ancho del durmiente	13"	(325 mm)
Peralte del durmiente	10"	(250 mm)
Longitud del durmiente	9'0"	(2700 mm aproximadamente)

V.1.b.- Peso del durmiente.

Para facilidad del manejo del durmiente, es recomendable que el peso del mismo no exceda de 800 lbs. (363.2 Kg. Aproximadamente).

V.1.c.- Longitud.

La longitud nominal del tendón de presfuerzo, a lo largo del durmiente de concreto presforzado, no deberá exceder de 9'0" (2700 mm).

La longitud nominal no deberá ser menor de 7'9" (2325 mm) para durmientes de concreto postensado.

La longitud nominal no deberá ser menor de 8'0" (2400 mm) para durmientes de concreto pretensado.

Tolerancia permitida: $\pm 1/4"$ (6 mm).

V.1.d.- Ancho.

El ancho mínimo de la cara interior del durmiente no deberá ser menor de 8" (200 mm).

El ancho de la cara superior del durmiente no deberá ser menor de 6" (150 mm).

El ancho máximo no deberá exceder de 13" (325 mm).

Tolerancia en todos los casos: $\pm 1/8"$ (3 mm).

V.1.e.- Peralte mínimo.

El peralte mínimo de diseño en cualquier sección del durmiente no deberá ser menor de 6" (150 mm).

Tolerancia de fabricación : $+ 1/4"$ (6 mm).
- $1/8"$ (3 mm).

V.1.f.- Peralte máximo.

El peralte máximo de diseño en cualquier sección del durmiente no deberá exceder de 10" (250 mm).

Tolerancia de fabricación: $+ 1/4"$ (6 mm).
- $1/8"$ (3 mm).

V.1.g.- Escantillon de vía.

Los durmientes se elaboran normalmente para un escantillon de vía de 4' 8 1/2" (1435 mm).

Tolerancia: $\pm 1/16"$ (1.5 mm).

V.1.h.- Inclinación (Pendiente).

La superficie de apoyo del patin del riel hacia el centro del durmiente deberá tener una pendiente de $1:40 \pm 5$.

V.1.i.- Recubrimiento del refuerzo.

El recubrimiento mínimo para refuerzo, tendones de presfuerzo ó ductos será como se indica

Durmiente pretensado o postensado	3 /4" (19 mm)
Durmiente de concreto reforzado varilla #6 (3 /4") o menores.	3 /4" (19 mm)
Otros diámetros mayores	1 diámetro de varilla

V.1.j.- Características no indicadas por el manual.

Radio de cubetas externas	(18 mm \pm 1 /0.5)
Radio de cubetas internas	(15 mm \pm 1 /0.5)

Asi mismo y de acuerdo al sistema de fijación durmiente – riel, es necesario definir la profundidad de anclaje del mismo, la cual puede variar de acuerdo con las necesidades o requerimientos de cada cliente.

En la figura V.1 se muestra el plano del durmiente C-240.

V.2.- PROYECTO ESTRUCTURAL.

Para realizar el proyecto de un nuevo durmiente, es necesario llevar a cabo una serie de análisis que en algunas ocasiones llega a ser hasta cierto punto complicados, pero que son necesarios para la obtención de un producto económico y funcional.

En el capítulo IV se presento una descripción muy general acerca de las cargas que se deben tomar en cuenta y su influencia sobre el riel y por consecuencia, sobre el durmiente.

Como se menciono anteriormente, el durmiente "COMECOP" se diseña a partir de los datos proporcionados por el cliente, dando por hecho que dichos datos ya han sido analizados tomando en cuenta las cargas indicadas en el capítulo IV.

El desarrollo de este capítulo se limita a realizar la revisión de esfuerzos que se presenten en la sección de apoyo del riel y en la sección central, inducidos por los momentos de diseño requeridos, cuidando que dichos esfuerzos estén dentro de los límites que se nos marcan dentro de las especificaciones con las que se este trabajando.

V.2.1.- Ejemplo de revisión de esfuerzos.

La línea de Ferrocarril del Sureste (FERROSUR) nos pide un durmiente que sea capaz de soportar los siguientes momentos de prueba:

M (+) en el apoyo del riel	253.5 ton - cm
M (-) en el apoyo del riel	132.5 ton - cm
M (+) en el centro del durmiente	103.7 ton - cm
M (-) en el centro del durmiente	253.5 ton - cm

Estos momentos coinciden con los indicados en la norma FNM - 3 de Ferrocarriles Mexicanos (1994) para el cual se suministro el durmiente tipo C-240; por lo tanto propondremos dicho durmiente. Como cambio se propone utilizar generatrices de 7 mm Ø en vés de las de 8 mm y de acuerdo al arreglo indicado en la figura V.2.1.a. En la tabla V.2.1.1 se muestran las características requeridas por el cliente y las ofrecidas por el durmiente C-240.

TABLA V.2.1.1.- CARACTERISTICAS DEL DURMIENTE.

CONCEPTO	ESPECIFICACIONES DE FEROSUR	DURMIENTE C-240
Longitud del durmiente (mm)	2400 ⁻¹⁰ ₋₃	2400 ⁻¹⁰ ₋₃
Ancho de la cara inferior del durmiente (mm)	Max 330 Min 220	280 ± 5
Ancho de la cara superior del durmiente (mm)	Max 330 Min 150	212 ± 5 208 ± 5
Ancho de la superficie de apoyo del patín del riel (mm)	Min 200 Max 250	216 ± 5 212 ± 5
Peralte máximo en el asiento del riel (mm)		
Peralte mínimo en cualquier sección del durmiente (mm)	150	186 ± 5
Escantillon (mm)	1435	1435 mm
Radio de cubetas externas (mm)	18 ⁻¹ _{-0.5}	18 ⁻¹ _{-0.5}
Radio de cubetas internas (mm)	15 ^{+1.0} _{-0.5}	15 ^{+1.0} _{-0.5}
Profundidad de anclaje de los pernos (mm)	Min 115 Max 135	131 ± 2
Peso del durmiente (Kg.)	Max 360	324.50
Tamaño máximo del agregado grueso	38 mm	19 mm
Densidad del agregado grueso	Mayor a 2.5 gr/cm ³	2.6 Gr/cm ³
Revenimiento del concreto	0 mm	0 mm
Resistencia del concreto a la compresión a los 28 días	Min 525 kg/cm ²	525 Kg/cm ²
Resistencia del concreto a la tensión por flexión a los 7 días	Min 65 Kg/cm ²	65 Kg/cm ²
Limite de fluencia del acero de presfuerzo	Min 14000 Kg/cm ²	14500 Kg/cm ²
Resistencia a la ruptura	Min 16000 Kg/cm ²	16500 Kg/cm ²
Acero de refuerzo grado	640 ó 650	642
Limite elástico	4200 Kg/cm ² min	4200 Kg/cm
Resistencia a la ruptura	Min 6300 Kg/cm ²	6300 Kg/cm ²

V.2.1.a.- Consideraciones para revisión de esfuerzos.

Para realizar la revisión de esfuerzos en la sección es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

1. En el caso del durmiente de concreto, tenemos dos momentos máximos pero de sentido diferente:
 - En el asiento del riel, el momento de flexión máximo es positivo, entonces tenemos que colocar el centro de presfuerzo por arriba de la fibra neutra de la sección.
 - En el centro del durmiente tenemos un momento negativo, entonces tenemos que colocar el centro del presfuerzo por arriba de la fibra neutra de la sección.

Debido a que el centro de presfuerzo no puede variar a lo largo del durmiente, habrá que adaptar las secciones de concreto de tal forma que se encuentre una excentricidad negativa en el apoyo del riel y positiva en el centro del durmiente.

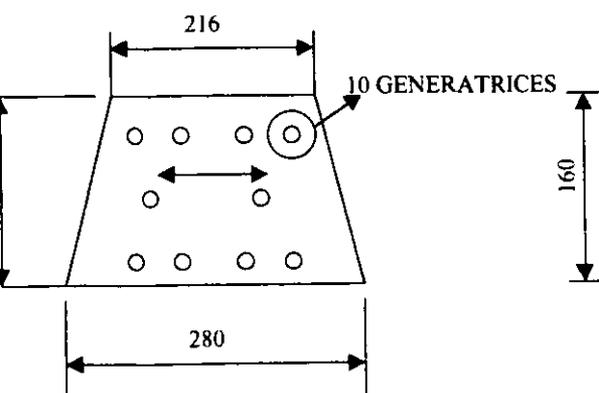
2. Para el calculo se debe tomar en cuenta el presfuerzo a 28 días(para las pruebas) y para el servicio a un punto infinito.
3. El calculo del presfuerzo deberá tomar en cuenta las siguientes perdidas:
 - Perdida instantánea
 - Perdida por relajamiento
 - Perdida por contracción del concreto.

De acuerdo a análisis realizados se ha llegado a la conclusión que el durmiente "COMECOP" tiene las siguientes perdidas:

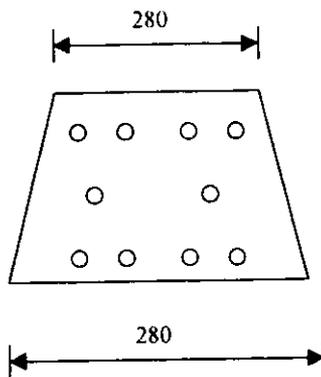
- A 28 días pierde el 10% de la tensión inicial.
- A tiempo infinito pierde el 24% de la tensión inicial.

El durmiente COMECOP versión 94 (1994) estaba armado con 8 generatrices de 8 mm de diámetro. Tratando de ofrecer una sección mas económica y eficiente en el año 1999 se modifica el armado, lo cual obliga a modificar también la disposición o arreglo de las generatrices. Esto es como consecuencia que la resistencia a la flexión en la parte central del durmiente aumente del 5% a casi el 20%. Así mismo la resistencia en la sección de apoyo del riel aumenta al orden del 50%.

La sección queda como se muestra a continuación:



SECCION APOYO DEL RIEL



SECCION CENTRO DEL DURMIENTE

V.2.1.b.- Calculo de las propiedades geométricas de la sección en el apoyo del riel.

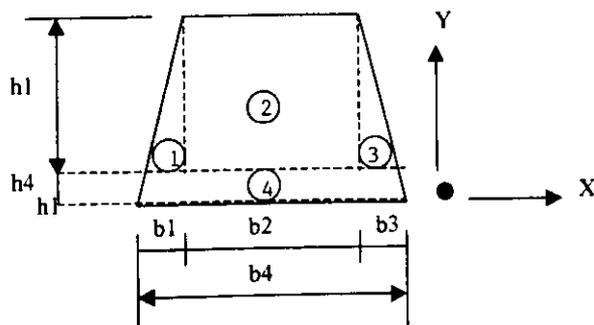


FIG.	BASE (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	X (cm)	Y (cm)	Mex	Mey
1	3.60	17.60	31.68	2.40	9.46	299.72	76.03
2	20.80	17.60	366.08	14.00	12.40	4539.39	5125.12
3	3.60	17.60	31.68	25.60	9.46	299.72	811.00
4	28.00	3.60	100.80	14.00	1.80	181.44	1411.20
SUMA			530.24			5320.27	7423.36

Las coordenadas del centro de gravedad de la sección están dadas por:

$$X = \frac{Mey}{A} = \frac{7423.36}{530.24} = 14.0 \text{ cm}$$

$$Y = \frac{M_{ex}}{A} = \frac{5320.27}{530.24} = 10.03 \text{ cm}$$

El momento de inercia esta dado por:

$$I = \frac{264.67}{48.80} + \frac{2381.44}{48.80} + \frac{1164.8}{48.80} = 19233.28 \text{ cm}^4$$

En el centro del durmiente.

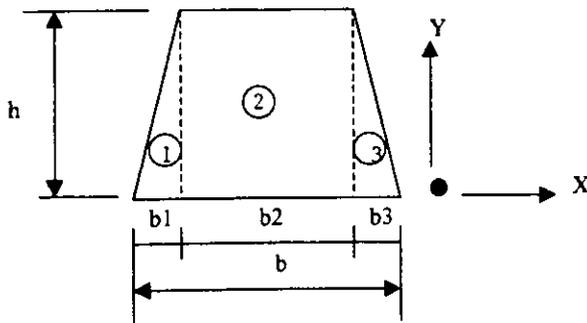


FIG	BASE (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	X (cm)	Y (cm)	Mex	Mey
1	3.60	18.60	33.48	2.40	6.19	207.37	80.35
2	20.80	18.60	386.88	14.00	9.30	3597.98	5416.32
3	3.60	18.60	33.48	25.60	6.19	207.37	857.08
SUMA			453.84			4012.72	6353.76

Las coordenadas del centro de gravedad serán:

$$X = \frac{M_{ey}}{A} = \frac{6353.76}{453.84} = 14.0 \text{ cm}$$

$$Y = \frac{M_{ex}}{A} = \frac{4012.72}{453.84} = 8.84 \text{ cm}$$

El momento de inercia esta dado por:

$$I = 16,462.04 \text{ cm}^4$$

La distancia del centro del presfuerzo a la fibra inferior será:

$$X_a = 9.42 \text{ cm}$$

V.2.1.c.- Datos necesarios:

Diámetro de las generatrices = 0.70 cm

Area de la generatriz = 0.38 cm²

No. de generatrices = 10

Excentricidad del centro de presfuerzo al eje neutro de la sección = e1 = 0.61 cm
e2 = 0.58 cm

Tensión inicial = 12800 Kg/cm²

Características geométricas de la sección.

En el apoyo del riel.

Area de la sección (A) = 530.24 cm²

Momento de inercia de la sección (I) = 19233.28 cm⁴

Distancia del centro de gravedad a la fibra inferior (V'') = 10.03 cm

Distancia del centro de gravedad a la fibra superior (V'') = 11.17 cm

Distancia del centro de presfuerzo a la fibra inferior (Xa) = 9.42 cm

En el centro del durmiente.

Area de la sección (A) = 453.84 cm²

$$\text{Momento de inercia de la sección (I)} = 16462.04 \text{ cm}^4$$

$$\text{Distancia del centro de gravedad a la fibra inferior (V'')} = 8.84 \text{ cm}$$

$$\text{Distancia del centro de gravedad a la fibra superior (V''')} = 9.76 \text{ cm}$$

$$\text{Distancia del centro de presfuerzo a la fibra inferior (Xa)} = 9.42 \text{ cm}$$

V.2.1.d.- Revisión de esfuerzos.

En la sección del apoyo del riel.

$$f = \frac{-F_p}{A_c} \pm \frac{M_c}{I} = \frac{-F_p}{A_c} \pm \frac{f_p(e)c}{I}$$

$$F_p = 0.385 \times 10 \times 12800 \times 0.90 = 44,325 \text{ Kg.}$$

$$A_c = 530.24 \text{ cm}^2$$

$$I = 19,233.28 \text{ cm}^4$$

$$\frac{-F_p}{A_c} = \frac{-44,352 \text{ kg}}{530.24} = -83.64 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{+F_p * e * v''}{I} = \frac{44352 * 0.61 * 11.17}{19233.28} = 15.80 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión superior)}$$

$$\frac{-F_p * e * v'}{I} = \frac{44352 * 0.61 * 10.03}{19233.28} = -14.20 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión inferior)}$$

Calculo de esfuerzos debido al peso propio del durmiente

$$F = \frac{\pm Mc}{I}$$

$$\text{Momento debido al peso propio} = \frac{wl^2}{8} = \frac{129 \times 2.4^2}{8} = 92.88 \text{ Kg-cm}$$

$$f = \frac{(92.88 \times 28 \times 10.6)}{19233.28} \times 11.17 = 16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión inferior)}$$

$$f = \frac{(92.88 \times 28 \times 10.6)}{19233.28} \times 10.03 = -14.37 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión superior)}$$

En esfuerzos debido a las cargas

$$M (+) = 253,500 \text{ Kg-cm}$$

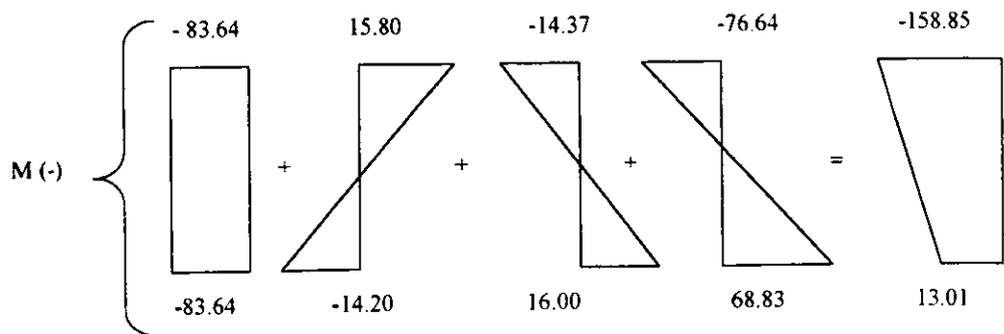
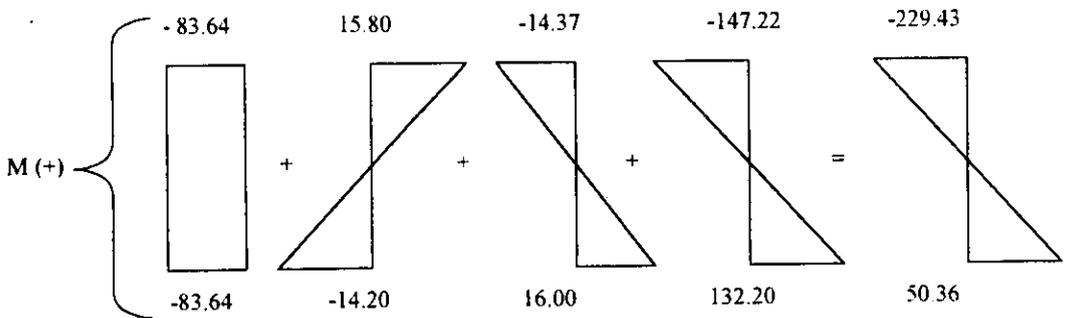
$$M (-) = 132,000 \text{ Kg-cm}$$

$$f = \frac{\pm M}{I} \text{ y}$$

$$\text{Para } M (+) \left\{ \begin{array}{l} \frac{253,500 (10.03)}{19233.28} = 132.20 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión inferior)} \\ \frac{253,500 (11.17)}{19233.28} = -147.22 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión superior)} \end{array} \right.$$

$$\text{Para } M (-) \left\{ \begin{array}{l} \frac{132.000 (10.03)}{19233.28} = 68.83 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión inferior)} \\ \frac{132.000 (11.17)}{19233.28} = -76.66 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión superior)} \end{array} \right.$$

Resumen de esfuerzos en sección del apoyo del riel.



En esta sección el esfuerzo a tensión mas critico se presenta al aplicar el momento positivo (M+), siendo el valor de esfuerzo a tensión igual a 50.36 Kg/cm² < 65 Kg/cm², por lo tanto se considera que es correcto.

En la sección del centro del durmiente.

Calculo de esfuerzos debido al presfuerzo.

$$F_p = 44,352 \text{ Kg}$$

$$A_c = 453.84 \text{ cm}^2$$

$$I = 16,462.44 \text{ cm}^4$$

$$\frac{- F_p}{A_c} = \frac{- 44,352 \text{ kg}}{453.80} = 97.72 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{+ F_p * e * c}{I} = \frac{44352 * 0.58 * 11.17}{16462.04} = 17.45 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión superior)}$$

$$\frac{- F_p * e * v}{I} = \frac{44352 * 0.58 * 10.03}{16462.04} = - 15.67 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión inferior)}$$

Esfuerzos debido al peso propio del durmiente.

$$F = \frac{\pm Mc}{I}$$

$$f = \frac{+ 92.88 \times 28 \times 10.6}{16462.04} \quad (9.76) = + 16.35 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión inferior)}$$

$$f = \frac{- 92.88 \times 28 \times 10.6}{16462.04} \quad (8.74) = -14.64 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión superior)}$$

Esfuerzos debido a las cargas.

$$M (+) = 103,700 \text{ Kg-cm}$$

$M (-) = 253,500 \text{ Kg-cm}$

$f = \frac{\pm M}{I} y$

Para M (+) {

$$\frac{103,700 (8.84)}{16462.04} = 55.68 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión inferior)}$$

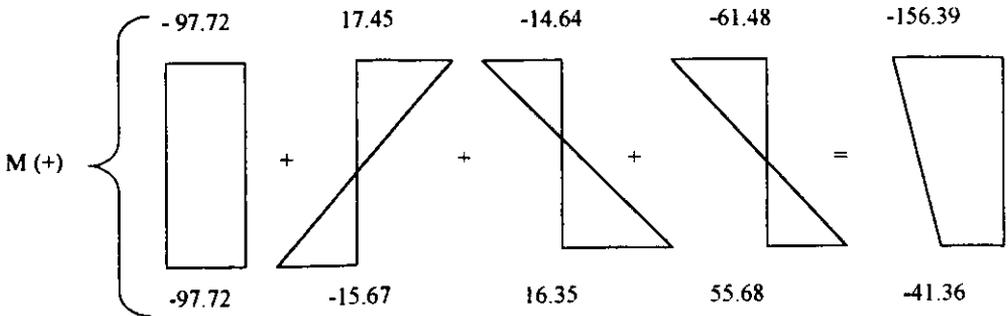
$$\frac{- 103,700 (11.17)}{16462.04} = - 61.48 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión superior)}$$

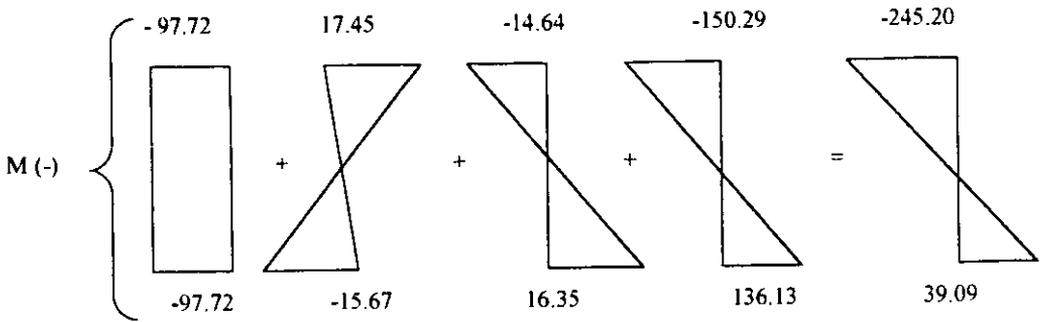
Para M (-) {

$$\frac{253,500 (8.84)}{16,462.04} = 136.13 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión inferior)}$$

$$\frac{- 253,500 (9.76)}{16462.04} = - 150.29 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión superior)}$$

Resumen de esfuerzos en sección del apoyo del riel.





El esfuerzo a tensión mas critico se presenta al aplicar el momento negativo, siendo este igual a $39.09 \text{ Kg/cm}^2 < 65 \text{ Kg/cm}^2$ por lo que se considera es correcto.

CAPITULO VI.- FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.1.- FABRICACION, DOSIFICACION Y PRUEBAS DE LABORATORIO DE CONCRETOS HIDRAULICOS.

Para la obtención de un concreto de excelente calidad, se requiere de poner atención a diversos factores que son fundamentales, estos factores son:

1. Agregados .- Los agregados tienen que cumplir con los requerimientos que se establecen en las normas aplicables a estos, en especial en la NMX-C-111 "Agregados para concreto hidráulico", esta norma establece los parámetros siguientes: limpieza, granulometría, durabilidad, etc.
2. Cemento .- El cemento como parte esencial en el concreto, es importante que cumpla con lo establecido en la norma NMX-C-414.
3. Agua .- Para efectos de preparación de concreto se recomienda el uso de agua potable o en su caso lo que establezca la norma NMX-C-122 "Agua para concreto".

El buen control de los materiales, más un buen proporcionamiento, un buen mezclado y además de un riguroso control en el concreto fresco y endurecido, garantizan un concreto de alta resistencia y gran durabilidad.

Dosificación.

El concreto del durmiente COMECOP alcanza sin el uso de aditivos una resistencia a la compresión de 580 Kg/cm² con la siguiente dosificación:

Cemento	-	61 Kg.	
Grava 3 /4" caliza	-	198 Kg.	Con una relación a/c = 0.39
Arena caliza	-	60 Kg.	

Preparación del concreto (Recomendaciones).

- Almacenar los agregados de tal forma que no se mezclen entre si.
- Verificar el buen funcionamiento de la mezcladora y de las básculas
- No alterar las cantidades de la composición del concreto, dadas.
- Durante el pesado de los materiales procurar que sea lo más exacto posible (dar tolerancias).

Instrucciones para la elaboración del concreto.

- Pesar grava y arena.
- Pesar agua.
- Pesar cemento.
- Vaciar el agua en la revolvedora.

- Poner en marcha la revolvedora.
- Vaciado los agregados.
- Vaciado el cemento.
- Mezclar durante tres minutos aproximadamente.
- Vaciado el concreto en la tolva receptora.

Control de concreto (Pruebas de laboratorio)

Concreto fresco:

- a) Revenimiento = 0 cm (concreto fresco).
- b) Granulometría de concreto (determinación de la masa por unidad de volumen de los componentes) (concreto fresco).
- c) Resistencia a la compresión en cilindros de 15 x 30 cm. (concreto endurecido).
- d) Resistencia a la tensión por flexión en vigas de concreto de 10 x 15 x 70 cm.
- e) Determinación de la absorción del concreto.

VI.1.a).- Revenimiento = 0 cm (concreto fresco):

El método para la prueba de revenimiento del concreto se refiere al procedimiento que debe seguirse tanto en el laboratorio como en el campo, para determinar el revenimiento. Esta prueba se considera aplicable cuando haya en el concreto una cantidad considerable de agregado grueso en tamaños mayores de 5 cm (2").

1. Los aparatos necesarios para esta prueba son los siguientes:
 - Un molde de lamina galvanizada del Núm. 16, en forma de cono truncado, con la base de 20 cm (8") de diámetro, 10 cm (4") de diámetro superior y 30.5 cm (12") de altura. La base y la parte superior deberán estar bien abiertas, ser paralelas entre sí y formar ángulos rectos con el eje del molde. Este deberá estar provisto de piezas para apoyar los pies y de asas, como se muestra en la figura VI.1.a.1.
 - Una varilla para compactar, que será de acero, de sección redonda, recta de 1.58 cm (5/8") de diámetro y aproximadamente de 60.0 cm de largo, con un extremo redondo y rematando en una semiesfera con un diámetro de 1.58 cm (5/8").
2. Se deberá emplear el siguiente procedimiento de prueba: Las muestras de concreto para especímenes de prueba se deberán tomar en la mezcladora, o en el caso de concreto premezclado, durante la descarga del vehículo transportador. La muestra de concreto de la cual se fabriquen los especímenes de prueba deberá ser representativa de la revoltura completa. Estas muestras se deberán obtener pasando repetidas veces un cucharón o una cubeta a través del material que se este descargando, empezando la operación hasta que se descargue toda la revoltura de concreto. La muestra así obtenida se deberá transportar al lugar en donde se moldee el espécimen y, a fin de contrarrestar la segregación, el concreto se deberá mezclar con una pala hasta que presente un aspecto uniforme. Deberá anotarse, para referencia futura, la localización del concreto muestreado dentro de la obra. En el caso de concreto para pavimentación, las muestras se podrán anotar inmediatamente después de depositar la revoltura sobre la base. Deberán tomarse por lo menos 5 muestras de diferentes porciones de la pila y se deberán mezclar perfectamente para formar el espécimen de prueba. El molde deberá humedecerse y colocarse sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente. Se deberá llenar inmediatamente el molde, en 3 capas, cada una aproximadamente 1/3 del volumen del molde, con concreto muestreado como se describe anteriormente. Al vaciar cada cucharón de concreto se le deberá mover alrededor del borde superior del molde a fin de asegurar una distribución simétrica del concreto dentro del mismo. Cada capa se deberá compactar con 25 golpes de la varilla. Los golpes se deberán distribuir uniformemente en toda la sección transversal del molde y deberán penetrar a la capa colocada previamente. La capa del fondo se deberá compactar en toda su profundidad. Después de que se haya compactado la capa superior, se deberá enrasar la superficie del concreto con una llana. El molde se deberá quitar inmediatamente después levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. En seguida, se deberá medir el revenimiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura del espécimen en su eje. El revenimiento se deberá reponer en centímetros de asentamiento del espécimen durante la prueba.

Revenimiento = 30.5 cm – altura en cm, después del asentamiento.

Una vez que se termine de medir el revenimiento, se deberá golpear suavemente el lado del cono de concreto con la varilla. El comportamiento del concreto bajo este tratamiento dará una indicación valiosa de la cohesión, trabajabilidad y colocabilidad de la mezcla. Una mezcla bien proporcionada

y trabajable se reviene gradualmente y retiene su forma original, mientras que una mezcla mala se desmorona, se segrega y disgrega.

El revenimiento del concreto para la fabricación de durmientes deberá ser cero (0).

VI.1.b) Granulometría de concreto (determinación de la masa por unidad de volumen de los componentes), (concreto fresco).

Aparatos:

- Báscula digital para 10 Kg. sensibilidad de 0.002 Kg.
- Charola metálica
- Espátula o cuña
- Guantes de hule
- Juego de mallas
- Máquina cribadora
- Estufa
- Probeta

Materiales:

- Agua

Procedimiento:

- Después de obtener la muestra de concreto pesar sobre la charola 2 Kg. (peso húmedo) y registrarlo
- Agregar agua a la charola (1 litro aproximadamente) y remover el concreto hasta lograr separar el cemento de la grava y concentrar en un extremo de la charola los tamaños de mayor volumen.
- Enjuagar el material separado (el de mayor volumen) utilizando agua limpia, siendo esto dentro de la misma charola, hasta lograr quitar al máximo, la cantidad de cemento adherido a la grava.

NOTA: Cuidar que todo el material de la muestra quede dentro de la charola.

- Poner a secar la muestra sobre la estufa hasta lograr la evaporización del agua.

NOTA: Evitar que el agua salpique durante la ebullición ya que ocasiona pérdida de material.

- Cuando la muestra deje de estar en ebullición, remover con la espátula el material para evitar que el cemento fragüe con la arena obteniendo con esta una buena separación continuando así hasta el secado total.
- Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente

- Hacer un acomodo de mallas de acuerdo al tipo de proceso a que correspondan el concreto.
(Ver figura VI.1.b.1)

TAMAÑO DE LA MALLA

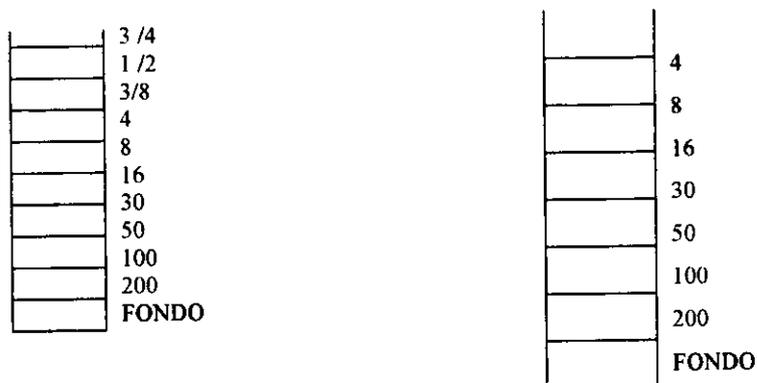


FIGURA VI.1.b.1

- Colocar las mallas sobre la báscula y poner a cero
- Agregar el material sobre la malla superior sin que quede material adherido a la charola
- Registrar el peso obtenido (peso seco)
- Montar el juego las mallas en la máquina de cribado y cribar el material durante 15 minutos

NOTA: En caso de que no sea suficiente la altura de la máquina cribar en dos partes.

- Pesar el material retenido en cada una de las mallas incluyendo al fondo y registrar los valores obtenidos (peso retenido en gr.)
- Determinar la cantidad de cemento, grava, arena y agua de la siguiente manera:
 - Agua : Peso húmedo menos peso seco igual a peso del agua
 - Grava : Suma de los pesos obtenidos en las mallas 3 / 4, 1 / 2, 3 / 8 y 4 para proceso primario y durmientes, en caso de concreto de revestimiento las mallas 4 y 8, siendo este resultado el peso de la grava.
 - Sumar tanto a la grava como a la arena el % que pasa por la malla 200

- Arena : Suma de los pesos obtenidos del resto de las mallas, siendo este el resultado el peso de la arena
- Cemento : El peso obtenido en el fondo representa el peso del cemento

NOTA: Hacer corrección del peso del cemento, debido al material que pasa por la malla 200 de los agregados.

Restar el porcentaje obtenido en la prueba del material que pasa por la malla 200, realizado previamente a los agregados obteniendo así el peso del cemento.

- Registrar los pesos obtenidos y determinar las relaciones

*

Peso agua

$$\frac{\text{-----}}{\text{Peso cemento}} = A/C$$

Peso cemento

*

Peso grava

$$\frac{\text{-----}}{\text{Peso arena}} = G/A$$

Peso arena

*

Peso grava + peso arena

$$\frac{\text{-----}}{\text{Peso cemento}} = AG/C$$

Peso cemento

- Obtención del consumo de materiales por m³.
- Después de obtener los resultados anteriores dividir cada peso (agua, arena, cemento y grava) entre sus densidades.

Densidad.

Cemento ----- 3.15

Agua ----- 1.0

VI.1.c). Resistencia a la compresión en cilindros de 15 x 30 cm. (concreto endurecido).

Aparatos.

- Mesa vibradora para tres cilindros con dispositivo de sujeción
- Equipo de cabeceo (olla, base, plato)
- Cucharón
- Máquina para compresión con capacidad de 180 toneladas
- Cuchara de albañil
- Guantes de asbesto o carnaza
- Pisón de 5 Kg. aprox.
- Tina para curado de cilindros
- Recipiente contenedor de muestra de material no absorbente (acero acrílico, etc.)
- Moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura en acero.

Materiales:

- Aceite mineral como desmoldeante
- Azufre

Preparación de moldes:

Limpiar los moldes cilíndricos en su interior con una carda vertical hasta que quede libre de polvo o algún residuo de una prueba anterior.

Untar una capa ligera al interior con aceite mineral para facilitar el desmolde.

Preparación de probetas:

Colocar los moldes sobre la mesa de vibrado y llenarlos hasta una tercera parte y compactar con el pisón el concreto, posterior a esto, llenar la segunda y tercera parte y compactar. Por último

completar el llenado y compactar de tal forma que se tenga un llenado total perfectamente compactado.

Alisar la superficie con la cuchara de albañil hasta quedar la superficie completamente lisa.

Identificar las muestras marcando sobre el cilindro la fecha de fabricación, No. de molde de donde fue tomada la muestra, turno y edad a ensayar el cilindro.

Desmoldeo y curado:

Resistencia al desmoldeo:

La preparación de cilindros para efectuar estas pruebas se lleva a cabo dentro del proceso de fabricación los cuales son introducidos a la fosa o túnel en donde se dejara a que cumpla el ciclo de curado a vapor igual al del durmiente. Terminado el ciclo los cilindros son ensayados.

Resistencia posterior al desmoldeo:

Después de 24 hrs. desmoldear las muestras e inmediatamente sumergirlas totalmente en agua en la tina de curado y mantenerlas hasta que cumplan la edad para su ensayo (7 ó 28 días) siendo el inicio de la edad a partir de la fecha de fabricación del concreto.

Este tipo de desmoldeo se realiza en concretos en donde no es utilizado vapor para su curado.

Cabeceo del espécimen de prueba:

Untar una capa de aceite mineral al interior del plato de cabeceo y posteriormente verter azufre sobre el plato e inmediatamente colocar el cilindro sobre las guías de la base del plato y deslizarlo hacia el interior esperándolo a que endurezca el azufre.

Desmoldear (quitar el plato) y "cabecear" la otra cara del cilindro siguiendo el mismo procedimiento.

Ensayo:

Colocar el espécimen sobre el plato inferior (móvil) en la máquina de compresión cuidando que quede bien centrado, posteriormente aplicar la carga a una velocidad de 84-210 Kg/cm² por min. Hasta que se rompa (límite máximo de resistencia de el concreto) registrar el valor obtenido .

NOTA: Estar pendiente en la aplicación de la carga ya que al tronar el cilindro la aguja regresa a su posición inicial (0).

- Puesta en marcha de la máquina de compresión:
- Cerrar la válvula del paso de aceite "VI"
- Accionar el botón de encendido (ON/OFF)
- Accionar la válvula de avance de carga de acuerdo a la velocidad de aplicación de carga
- Las unidades de carga en la máquina están dadas en Tons.

NOTA: Calcular la resistencia a la compresión en Kg/cm para los registros

$$(X \text{ TON}) (5.51) = \text{KG} / \text{CM}^2$$

Expresión de los resultados:

Resistencia mínima en Kg/cm²

DURMIENTES:

Resistencia al desmoldeo..... 300 Kg/cm² mínimo

Resistencia a 28 días 525 Kg/cm² mínimo

Referencias:

- Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México para durmiente monolítico de concreto presforzado.

VI.1.d). Resistencia a la tensión por flexión en vigas de concreto de 10 x 15 x 70 cm.

Aparatos y equipo:

- Moldes de 10 X 15 X 70 cm en acero
- Mesa vibradora
- Cuchara de albañil
- Cucharón
- Prensa para ensaye de concreto a la tensión por flexión
- Recipiente contenedor de muestras
- Tina para curado
- Pisón

Materiales:

- Desmoldeante.

Preparación de moldes:

Limpiar los moldes en su interior con una carda vertical hasta que quede libre de polvo o algún residuo de una prueba anterior.

Untar una capa ligera de desmoldeante al interior para facilitar el desmoldeo.

Preparación de probetas:

Colocar los moldes sobre la mesa de vibrado y llenarlos hasta la mitad con concreto, compactar con el pisón y terminar de llenar por completo y compactar de tal forma que se tenga un llenado total. Alisar la superficie con la cuchara de albañil hasta quedar la superficie completamente lisa.

Identificar las muestras marcando sobre la superficie la fecha de fabricación de la viga, No. de molde de donde fue tomada la muestra, turno, edad a ensayar de la viga.

Desmoldeo y curado:

Después de 24 hrs. desmoldear las muestras e inmediatamente sumergirlas totalmente en agua (tina de curado) y mantenerlas a que cumplan la edad para su ensayo.

Procedimiento:

- Colocar la viga sobre los apoyos de la base de la prensa.
- Marcar cada extremo de la viga al centro del apoyo (5 cm) y el centro de la longitud total de la viga (35 cm). (Ver figura VI.1.d.1)
- Colocar el apoyo superior posicionandolo al centro de la marca e ir subiendo la mesa manualmente con la manivela hasta que el apoyo haga contacto con el palpador del indicador (Ver figura VI.1.d.2).
- Ajustar a cero el indicador girando la carátula
- Aplicar la carga con la manivela a una velocidad constante hasta que se rompa la viga y registrar el valor obtenido.

NOTA: Estar pendiente en la aplicación de la carga ya que al tronar la viga la aguja regresa a su posición inicial (cero).

Expresión de resultados:

Resistencia mínima en Kg/cm²

* Durmientes 65 Kg/cm²

Referencias:

- Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México para durmientes de concreto presforzado

VI.1.e). Determinación de la absorción del concreto.

Aparatos y equipo:

- Horno con regulador de temperatura para mantenerla entre 105 y 115°C
- Báscula
- Recipiente para mantener sumergidas las probetas en el agua en ebullición
- Estufa

Preparación de la muestra:

- Las probetas extraídas deben estar libres de grietas e imperfecciones en su corte, además no deben tener fragmentos de acero, en caso de que sea imposible quitar el acero de refuerzo se descontará el peso de este, tanto de los pesos inicial y final en los cálculos de la absorción.

Procedimiento:

Secado y pesado de las probetas:

Se secan las probetas en el horno, a una temperatura de 105 a 115°C, hasta que dos pesadas sucesivas, con intervalo de no menos de 6 hrs. muestren una diferencia en peso no mayor del 0.10% del último peso de la probeta secada en el horno. Las probetas con un espesor de pared de 38 mm o menos se secan por un mínimo de 24 hrs. y las que tengan un espesor de 38 a 76 mm, se secan por lo menos durante 72 hrs. Las últimas 6 hrs. del tiempo mínimo de secado se deben emplear para determinar si la probeta ha obtenido el peso seco apropiado. Las probetas se dejan enfriar y se pesan de inmediato. Las probetas deben pesarse con una aproximación de 1g.

Inmersión y hervido de las probetas:

Dentro de las 24 hrs. posteriores al secado y pesado de las probetas se colocan estas en un recipiente adecuado, que contenga agua destilada, o potable, a una temperatura de 10 a 24 °C.

Se calienta el agua hasta ebullición en un tiempo no menor de una hora, ni mayor de dos horas.

No se debe aplicar vapor directo al agua para disminuir el periodo de preebullición hasta completar por lo menos la hora de calentamiento.

Se continua la ebullición durante 5 horas, se apaga la fuente de calor y se dejan enfriar las probetas en el agua hasta la temperatura ambiente, lo cual se logra en no menos de 14 hrs., ni en mas de 24 hrs.

Pesado de las probetas saturadas:

Se sacan las probetas enfriadas y se colocan en una cesta, dejándolas escurrir por un minuto.

Se quita el agua superficial, secando las probetas con una tela o papel absorbente, se pesan inmediatamente en la báscula con la misma precisión indicada en la pesada inicial.

Cálculos y resultados:

Se considera, como absorción de agua, la diferencia entre el peso de la probeta hervida y su peso seco y se expresa como porcentaje, de acuerdo con la formula siguiente:

$$A = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

En donde.

A = Absorción de agua, en %

Ph = Pesos de la probeta saturada, en g.

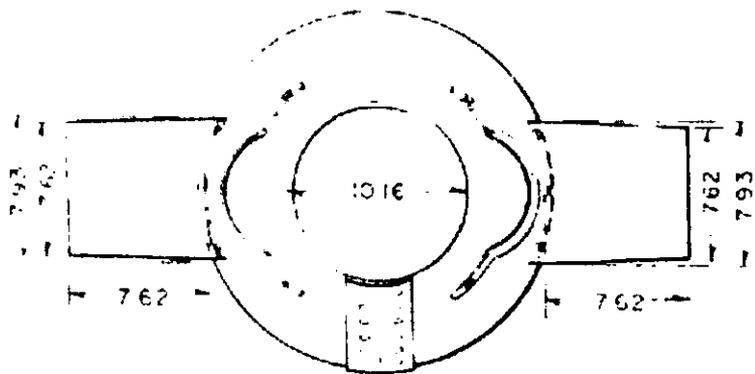
Ps = Peso de la probeta seca, en g.

Referencias:

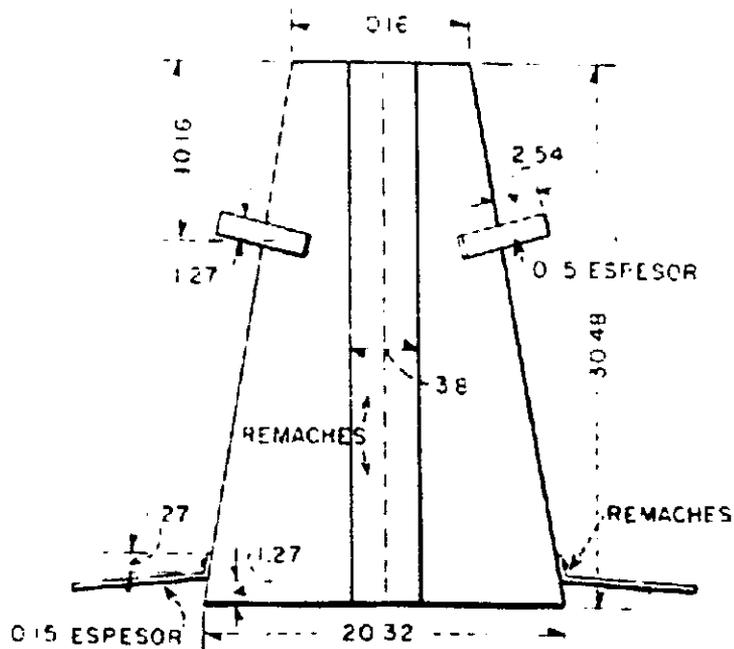
- NMX - C - 119 Determinación de la absorción del agua en tubo de concreto

FABRICACION, DOSIFICACIONES Y PRUEBAS DE LABORATORIO DE
CONCRETOS HIDRAULICOS.

REVENIMIENTO -- 0 cm (CONCRETO FRESCO)



PLANTA



ELEVACION

FIGURA VI.1.a.1

Molde para prueba de revenimiento.

FABRICACION, DOSIFICACIONES Y PRUEBAS DE LABORATORIO DE
CONCRETOS HIDRAULICOS.

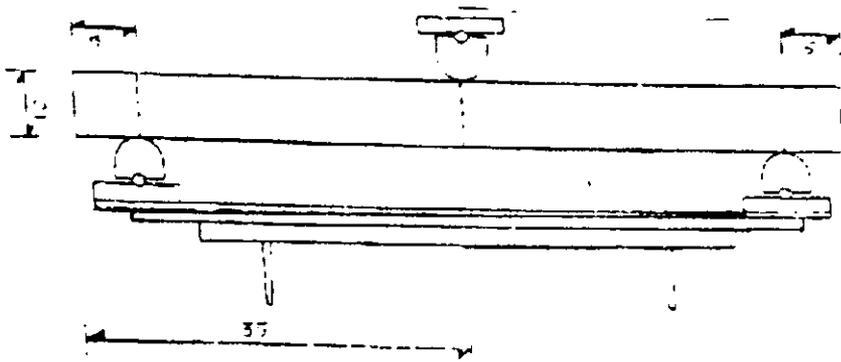


FIGURA VI.1.d.1

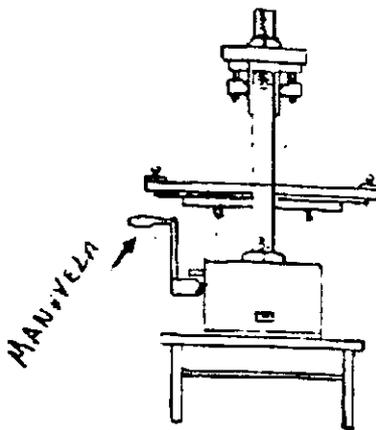


FIGURA VI.1.d.2

FIGURA VI.1.d RESISTENCIA A LA TENSION POR FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO DE 10 X 15 X
70 CM

VI.2.- CARACTERISTICAS Y PREPARACION DEL ACERO DE PRESFUERZO.

VI.2.a.- Características:

Ø 7 mm

Resistencia de fluencia mínima Kgf/mm² - 145

Resistencia a la tensión mínima Kgf/mm² - 165

Alargamiento mínimo en 250 mm - 3.5

Nº. de dobleces mandril 40 mm - 5

La composición química será a juicio del fabricante siempre y cuando el fósforo y azufre no excedan de las siguientes cantidades:

Fósforo 0.40%

Azufre 0.050%

VI.2.b.- Preparación del acero:

- Se corta a una longitud de 2365 ± 1^2 mm.

- Se realiza la cuerda con una longitud de 47 ± 1^2 mm de longitud por ambos extremos.

- Antes de colocar el acero en el molde se debe limpiar para que quede libre de aceite, grasa y óxido ó algún otro material que pueda impedir una buena adherencia.

VI.2.c.- Procedimiento de fabricación del acero longitudinal.

Armadura longitudinal (generatriz)

Equipo :

- Cortadora

- Escofier

- Pulidor

Material : Acero de presfuerzo 5, 6 y 7 mm

Corte de generatriz a una longitud dada :

Preparación de máquina cortadora :

- Verificar que el dado (estrella) de corte y la guía de acero se encuentren en buen estado (sin despostilladuras ni excesivo desgaste sobre todo en las partes del dado que actúan directamente al corte), además de su buen ajuste.

Montaje de la guía y el dado (estrella)

- Introducir el dado (estrella) al perno que se encuentra en la pieza que sujeta el brazo del " gato "
- Meter la guía en forma longitudinal sobre el barreno que se encuentra en la pieza que sujeta el brazo del " gato "
- Teniendo sobrepuestas estas piezas proceder a apretarlas, tomando en consideración el siguiente ajuste :
- Verificar que el dado al hacer el corte sea en forma perpendicular a la parte frontal de la guía coincidiendo la salida del material con la parte del dado que realizará el corte cuando esta baje al momento del corte. (Ver figura VI.2.c.1)

Ajuste de la longitud de corte

- Medir con cinta métrica sobre un material de acero (el mismo a utilizar para armaduras) la longitud de generatriz a cortar de acuerdo al diámetro de tubo generatrices y posteriormente cortar con un pulidor (disco abrasivo).
- Identificar esta pieza con pintura ya que esta será nuestro escantillón patrón a utilizar durante el ajuste de la longitud del corte.
- Colocar la pieza (escantillón) sobre el ángulo de acero que se encuentra a todo lo largo de la máquina en su parte superior y fijarse que se pegue hasta el tope

Ajuste del tope :

- Aflojar pieza de accionamiento del micro
- Aflojar pieza de sujeción del resorte

NOTA : Esto se hace cuando se va hacer un cambio de la varilla " tope "

- Sacar la varilla " tope " totalmente e introducir la varilla " tope " que se vaya a utilizar de acuerdo a la longitud de la generatriz requerida.
- Varilla " tope " N° 1 - para generatrices de 7 mts.
Varilla " tope " N° 2 - para generatrices de 5 mts.
- Meter la varilla " tope " a utilizar y apretar la pieza de sujeción del resorte a la distancia de la longitud del resorte de tal forma que el resorte, no tenga un juego en forma longitudinal.
- Apretar la pieza de accionamiento del micro a una distancia de 3 – 4 cm. aproximadamente tomando como referencia la punta del micro respecto de la cara del extremo derecho de la pieza de accionamiento.
- Realizar el primer corte y comparar la pieza con la generatriz patrón (escantillón)
- Si quedara corta la pieza ajustar el tope corriéndolo a una distancia igual a la diferencia entre el escantillón y la pieza cortada hacia la derecha. Si la pieza es mas larga, considerar el mismo criterio y correr el tope hacia la izquierda.

Procedimiento de Operación :

- Con la ayuda de la grúa colocar el acero dentro del alimentador de la máquina
- Pasar el acero por las guías y rodillos de la máquina hasta llegar la punta al dado (estrella)
- Cortar de 4 a 5 cm. aproximadamente de la punta del acero accionando en forma manual el botón " Manual "
- Continuar pasando el material hasta acercarlo a la punta de la varilla " tope "
- Ya dado el ajuste realizar los cortes en forma continua, poniendo en marcha la máquina accionando el botón de encendido, a partir de este momento la máquina realizará los cortes en forma automática.
- Durante la operación controlar la longitud de la varilla midiendo 5 de ellas cada 25 con el escantillón de ajuste con una tolerancia de + 2 mm. En caso de rebasar la tolerancia avisar al supervisor para realizar los ajustes necesarios.
- Todas las piezas (armaduras longitudinal) que rebasen las tolerancias serán recuperadas de la Siguiente manera :
 - Las que estén por encima de la tolerancia se corta el sobrante de material con un pulidor dejándola a la longitud requerida ó se utiliza para la fabricación de aros sencillos de refuerzo

- Las que estén por debajo de la tolerancia se separan y se identifican como material para fabricación de aros de refuerzo
- El operador conserva todas y cada una de las placas de identificación de rollo de acero con el fin de que sean entregadas al final de turno al supervisor para su control de consumos.
- El supervisor controla la fabricación y consumo diario de generatriz, anillos (aros) de refuerzo y deflexión registrándolos en FORM 03-IF-02-AR y en FORM 04-IF-02-AR la fabricación y consumo de bobinas, fleje para protección catódica y ganchos.

Laminado de la rosca : (Roscado de los extremos de armaduras longitudinal)

Preparación :

- Alimentar los estantes que se encuentran en la parte frontal de la máquina escofier. con armaduras longitudinales
- El operador verifica que la máquina escofier maquine perfectamente la rosca, haciendo una prueba y checar el buen estado de la rosca con una pastilla roscada, de tal modo que se pueda enroscar fácilmente a mano a todo lo largo de la rosca y sin que tampoco haya un juego excesivo. También verificar la longitud de la rosca. (Ver procedimiento de operación), de lo contrario avisar al departamento de mantenimiento para que realice los ajustes de moletas y tope

Procedimiento de operación :

- Acercar un paquete de armaduras longitudinales de 25 a 30 piezas aproximadamente a la máquina escofier
- Poner en marcha la máquina oprimiendo el botón " hidráulico " posteriormente el botón " marcha rodillos " y por ultimo el botón " avance cabezales " todos estos encontrados en el tablero de controles.
- Verificar que la máquina mantenga un flujo de aceite sobre las moletas, para esto se deberá tener abierta la llave de paso de la manguera del aceite, así como poner el botón de refrigeración en marcha "
- Proceder a hacer cuerdas metiendo las piezas de una en una en la guía de entrada a los rodillos (moletas) hasta llegar la punta del acero al tope, el cual nos dará la cuerda requerida de acuerdo a las necesidades del proceso de tensión en el armado del molde por lo que la fabricación indica la longitud de cuerda que requiere, dando a esta medida una tolerancia de ± 2 mm. (Ver figura VI.2.c.2)
- En este trabajo es necesario hacer uso de guantes

- Al terminar de roscar un extremo de un paquete de piezas darles vuelta y continuar roscando el otro extremo.

Tuercas de anclaje :

Equipo :

- Torno de producción
- Machueladora

Material :

- * Barra hexagonal de acero 12 L 14 (freecutting) hex. de 28.5 mm (1 1/8 ")

Preparación y ajuste de torno de producción :

- Alimentar el torno con barra hexagonal de acero
- Verificar que las pastillas, el buril y las brocas estén en buenas condiciones (sin despostillamientos ni partes cortantes quemadas)

Ajuste de buril :

Desembragar la palanca de automático y mover manualmente con el volante del cabezal que se encuentra a un lado de la palanca de automático a una posición de terminado del corte de la segunda tuerca de acuerdo a la secuencia de operación siguiente :

- Entrada y salida de broca de \varnothing 16 mm
- Entrada de broca de \varnothing 5.6 mm y simultáneamente entrada de pastillas inferior y superior así como del buril
- Al término del barrenado de la segunda tuerca se abre la pastilla inferior y finalmente sale la broca y pastilla
- Y por último se retira el buril al término del corte. (Ver figura VI.2.d.1)
- Después de encontrar la posición indicada anteriormente, posicionar el buril de tal forma que la punta del corte coincida con el centro de la barra hexagonal. (Ver figura VI.2.d.1)

Ajuste de pastillas :

Para el ajuste de las pastillas es similar a la del ajuste del buril, solo que para el ajuste de la altura hacerlo con los tornillos provistos para este ajuste.

Montaje de brocas :

Colocar las brocas de \varnothing 16 mm y \varnothing 5.6 mm en forma longitudinal siendo esta posición respecto a la barra de acero al momento de iniciar la operación de barrenado de acuerdo a la secuencia de operación del torno (Ver figura VI.2.d.1)

Ajuste de tope :

Posicionar la punta del tope al centro de la barra, precisamente en el momento de la operación, cuando la barra de acero corre longitudinalmente para dar inicio a la operación del primer barrenado guía. (Ver figura VI.2.d.2)

CARACTERISTICAS Y PREPARACION DEL ACERO DE PRESFUERZO.

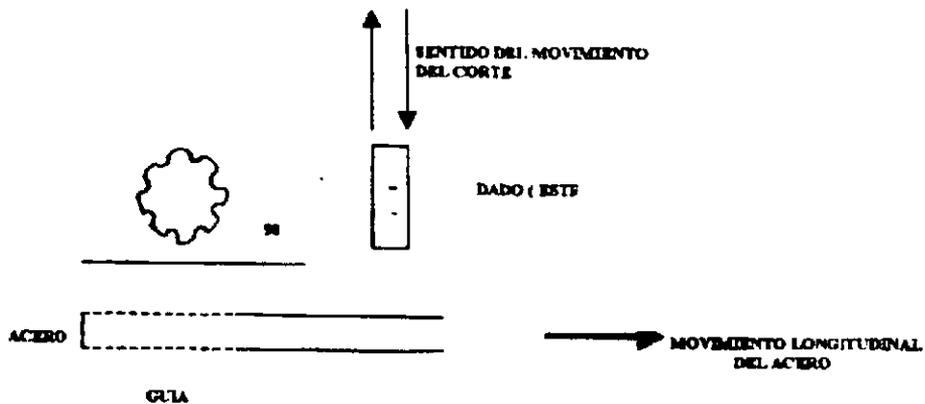


FIGURA VI.2.c.1

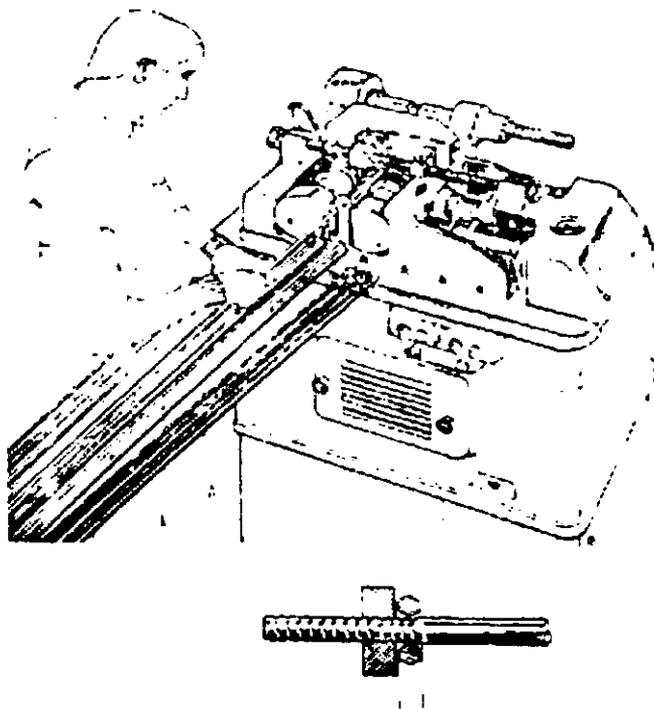


FIGURA VI.2.c. 2

FIGURAS VI.2 c.1 Y VI.2 c.2.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DEL ACERO LONGITUDINAL (GENERATRIZ).

CARACTERISTICAS Y PREPARACION DEL ACERO DE PRESFUERZO.

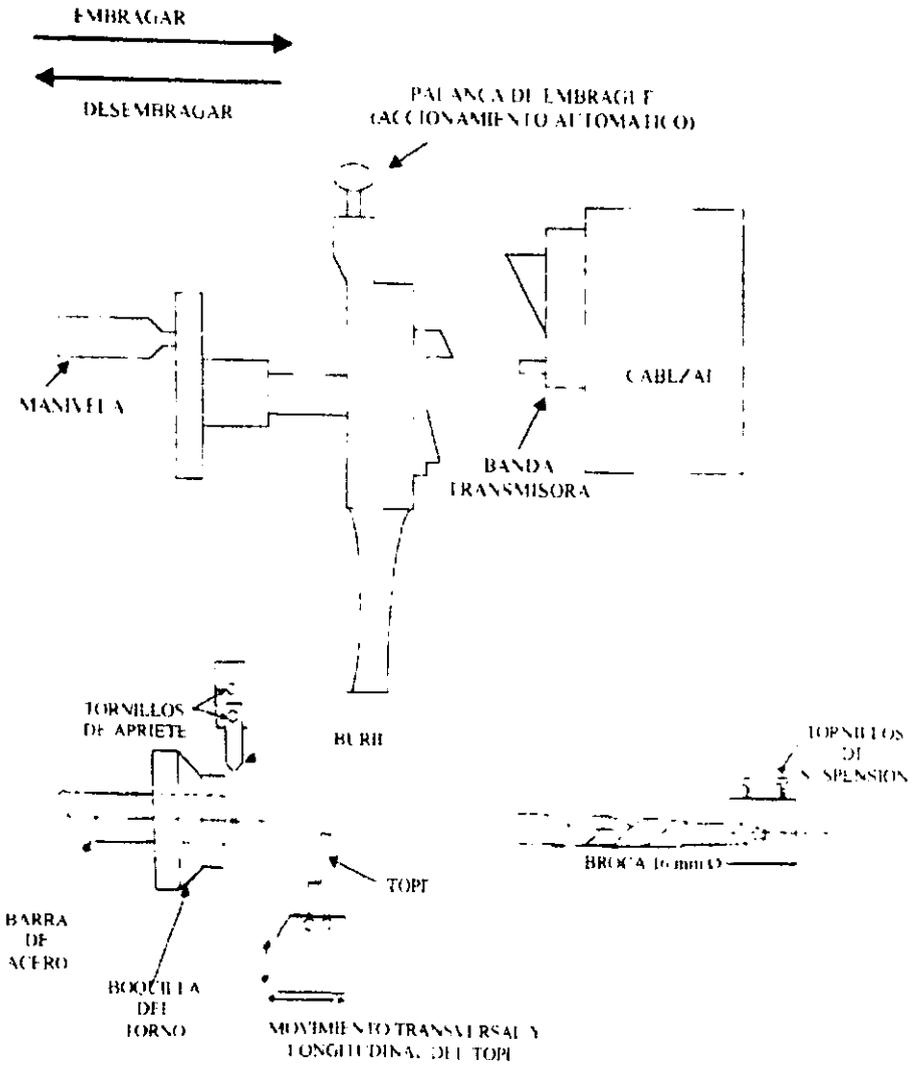


FIGURA VI2.d.1No. 1

FIGURA VI 2.d 1.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE LOA TUERCA DE ANCLAJE

CARACTERISTICAS Y PREPARACION DEL ACERO DE PRESFUERZO.

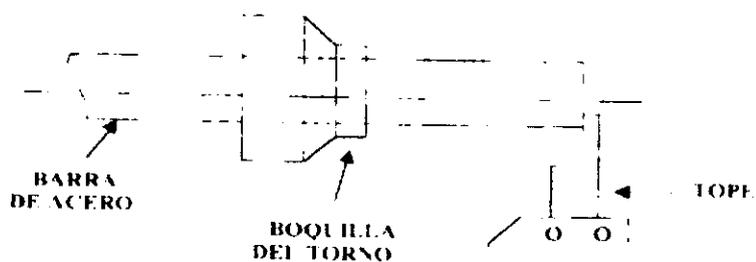


FIGURA VI.2.d.2

FIGURA VI.2.d.2 PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE LA TUERCA DE ANCLAJE

VI.3.- PROCESO DE FABRICACION DE DURMIENTES

VI.3.a. LIMPIEZA DE MOLDE:

- Limpiar cada uno de los compartimientos del molde con una espátula o herramienta adecuada. (Ver figura VI.3.a.1).
- La limpieza será en todo el interior de cada compartimiento raspando las paredes con la espátula o herramienta adecuada hasta eliminar todo el residuo adherido. (Ver figura VI.3.a.2)
- La parte inferior de cada compartimiento (incluyendo chimeneas y asientos del riel) rasparlos con la espátula o herramienta adecuada. (Ver figura VI.3.a.3).
- Después de haber limpiado con la espátula dar una ultima limpieza con el cepillo de alambre.

NOTA: Es muy importante que queden perfectamente limpias las chimeneas y las placas de marcación (libre de residuos).

2.- Limpieza de placas de tensado:

- Limpiar todas y cada una de las placas de cada compartimiento raspando con una espátula o herramienta adecuada todo el residuo adherido en la cara interior (ver figura VI.3.a.4).
- Limpiar todos los barrenos de cada placa con un escobillon de alambre metiendo y sacando el escobillon en cada barreno. (Ver figura VI.3.a.5)

3.- Limpieza de tornilleria:

- Colocar todos los tornillos de tensado de cada molde en una tina con diesel acomodados de tal forma que queden apilados en una esquina de la tina, posteriormente vaciar diesel sobre ellos con el fin de lubricar y eliminar particulas adheridas .
- Posteriormente se dejan escurrir los tornillos dentro de la tina. (Ver figura VI.3.a.7).
- Cada 2 semanas de trabajo continuo es necesario verificar la limpieza interior de las cuerdas de los tornillos de tensado con un extremo de generatriz con 2 venas laterales y de longitud de rosca igual a 40 mm con la finalidad de evitar problemas en tensado. (Ver figura VI.3.a.6)

VI.3.b. ARMADO DE MOLDE.

1.- Colocación de placas de tensado:

- Colocar las placas de tensado de cada uno de los compartimientos del molde.

NOTA: Durante la colocación de las placas verificar que el numero de placa corresponda al numero de compartamiento 1 con 1, 2 con 2, 3 con 3 y 4 con 4.

- Las placas son colocadas manualmente deslizando cada placa sobre las guías de cada compartimiento en forma vertical. (Ver figura VI.3.b.1 Y VI.3.b.2)

2.- Aplicación de desmoldante:

- Untar cada una de las chimeneas de los compartimientos con sebo fundido utilizando para esto un trapo o franela.
- Conectar la toma del desmoldante y del aire a una pistola de aspersión.
- Con la pistola de aspersión dar un baño en todo el interior de cada compartimiento del molde.

NOTA: Verificar que después de la aplicación del desmoldante el molde, no haya escurrimientos de aceite, de lo contrario limpiar estos excedentes con trapo.

3.- Colocación de armadura:

- Colocar un estribo en cada una de las cabezas del durmiente de tal forma que este haga contacto con las tuercas de anclaje (ver figura VI.3.b.3).
- Limpiar las generatrices con trapo de aceite y grasas con el fin de obtener una buena adherencia del concreto, hacer esto también con las placas de anclaje o sujeción (ver figura VI.3.b.4).
- Introducir los tornillos de tensado a los barrenos de las placas aproximadamente 2 o 3 hilos de cuerda (ver figura VI.3.b.5).
- Atomillar los tornillos a las generatrices manualmente .
- En el extremo del gato de tensado colocar en cada tornillo de tensado en la parte exterior de la placa un escantillon y apretar con el dado y/o herramienta neumática. (Ver figuras VI.3.b.7, VI.3.b.8, VI.3.b.9 Y VI.3.b.10)
- Inmediatamente tensar las generatrices utilizando un gato hidráulico de la siguiente manera:
 - Apoyar las patas del gato en forma perpendicular al exterior de la placa de tensado de tal forma que este quede bien firme y a la vez la uña de tensado quede posicionada dentro de la cabeza del tornillo de tensado. (Ver figura VI.3.b.11)

NOTA: Antes de iniciar el tensado de las generatrices verificar que este ajustado el equipo (gato hidráulico) a una presión de 50 Kg/cm². hacer la comprobación en vacío (sin tensar) apretando el botón "TENSAR" y verificar que en el manómetro este a esa presión.

- En el caso de que no se tenga esta presión ajustar girando la perilla de ajuste en sentido de las manecillas del reloj (aumentar presión y inversamente se disminuye la presión) que se encuentra integrado en el equipo hidráulico. (Ver figura VI.3.b.12)
- Tensar la generatriz oprimiendo el botón "TENSAR" que se encuentre en el gato hidráulico e inmediatamente introducir la cuña que detendrá la tensión de la generatriz (ver figura VI.3.b.13) realizar esta operación de tensado para las generatrices.

- La secuencia de operación para el tensado de las generatrices superiores se realiza siguiendo las instrucciones dadas para el tensado de las generatrices inferiores. (Ver figura VI.3.b.14 Y VI.3.b.14-A).

NOTA: Para durmientes de 8 generatrices se tensan las cuatro generatrices inferiores y posteriormente las cuatro generatrices superiores.

- Una vez tensadas todas las generatrices colocar sobre las chimeneas que se encuentran en cada compartimiento una placa de anclaje o sujeción del riel (ver figura VI.3.b.15)
- Colocar sobre las placas de anclaje una pieza de unisel para desagüe y posteriormente amarrarlas con alambre recocido. (Ver figura VI.3.b.16, VI.3.b.17 Y VI.3.b.18)

NOTA: El tipo de amarre podrá variar de lo mostrado en la figura VI.3.b.17 Y VI.3.b.18 siempre que se garantice la firmeza de la cuña.

VI.3.c. PREPARACION DE CONCRETO.

1.- Instrucciones iniciales:

- No mezclar los agregados (arena y grava) en las mamparas.
- Verificar el funcionamiento de la mezcladora
- Durante el pesado de agregados (arena y grava), cemento y agua que sea más exacto posible.
- No alterar las cantidades dadas de la composición del concreto .
- Verificar el estado de las aspas de la mezcladora (limpieza y estado físico)
- Verificar el buen estado de los cables del "skip"

2.- Preparación previa a la elaboración del concreto:

- Subir los agregados con la pala mecánica que se encuentra en las mamparas. (Ver figura VI.3.c.1)
- Posicionar, subir y bajar la pala mecánica de la dragalina con las palancas de manejo que se encuentran en la cabina de controles. (Ver tabla VI.3.c.1)

3.- Instrucciones para la elaboración de concreto:

- Pesar grava (oprimir botón "G")
- Pesar arena (oprimir botón "AM")
- Pesar agua (oprimir botón "A")

- Pesar cemento (oprimir botón "C")
- Vaciar agua a la revolvedora (oprimir botón "DA")
- Poner en marcha revolvedora (oprimir botón "FA")
- Vaciar agregados a la mezcladora (oprimir botón "SSK") y después regresar el "SKIP" a su posición inicial (oprimir botón "BS.")
- Vaciar cemento a la mezcladora (oprimir botón "DC")
- Ya puestos todos los componentes del concreto mezclar durante 3 minutos aproximadamente.
- Posteriormente subir la mezcladora y descargar el concreto en la tolva fija receptora (oprimir botón "SM") Ver figura VI.3.c.2
- Posteriormente a la descarga bajar la mezcladora, colocándola en posición inicial lista para iniciar una nueva mezcla. (Oprimir botón "BM")

NOTA N°. 1: En cuanto a la identificación de los controles de la planta de concreto "ELBA" (ver la figura VI.3.c.3 y tabla VI.3.c.2)

NOTA N°. 2: En cuanto a la composición del concreto a utilizar para la fabricación, se deberá emitir la composición debidamente revisada y autorizada.

VI.3. d. COLADO.

1.- Preparación de molde en mesas de vibrado:

- Después de haber tensado todas y cada una de las generatrices del molde transportar el molde hasta la mesa de elevación. (Ver figura VI.3.d.1).
- El transporte de los moldes es a través de los rodillos se efectúa accionando los botones de activación que se encuentran a lo largo de la línea (ver figura VI.3.d.2).
- Ya puesto el molde sobre la mesa de elevación subirla al nivel de los rodillos del área de las mesas de vibración adjuntas, hacer esta operación pisando el pedal que se encuentra en los controles de tren de rodillos N° 13. (ver figura VI.3.d.2 Y VI.3.d.3)
- Transportar el molde hacia las mesas de vibrado accionando los botones "avance" del control de rodillos No. 14 (ver figura VI.3.d.2)
- Bajar la mesa de elevación que se encuentra en las mesas de vibrado accionando el botón "BM" (ver figura VI.3.d.4), previo a esta operación activar el sistema hidráulico oprimiendo el botón "ASH" (ver figura VI.3.d.4)
- Ya suspendido el molde sobre las mesas de vibrado cerrar las uñas de anclaje, oprimiendo el botón "AM" (ver figura VI.3.d.4)

2.- Dosificación de concreto:

- Alimentar por medio de la mezcladora (ver instrucción VI.3.c, preparación de concreto), la tolva fija receptora de concreto proveniente de la planta "ELBA" (ver figura VI.3.d.5 Y VI.3.d.6).
- Por medio de las bandas inferiores que se encuentran bajo la tolva fija (ver figura VI.3.d.6) suministrar la cantidad de concreto requerido según el tipo de durmiente a fabricar sobre cada compartimento del distribuidor o tolva móvil. (ver figura VI.3.d.7 y VI.3.d.8)
- Para la puesta en funcionamiento de las bandas transportadoras oprimir los botones "B1", "B2" y "B3" que se encuentran en la consola de controles de dosificación de concreto (ver figura VI.3.d.9).
- Previo a la operación anterior hacer la selección de la forma de trabajo (manual o automática) mediante el selector 1, esto a la vez hará que la máquina se active para poder trabajar (ver figura VI.3.d.9)

NOTA N°. 1: Previamente a la dosificación de concreto programar la cantidad en peso (Kg.) que será vaciado en cada uno de los compartimientos, hacer esto en los programadores de carga para cada una de las bandas, la cual la suma de las tres descargas nos darán el peso total requerido de concreto para cada durmiente (ver figura VI.3.d.9)

- Durante la dosificación de concreto en los compartimientos del distribuidor móvil poner el selector 1 en posición de automático para que de esta manera el distribuidor se vaya posicionando bajo la caída de concreto que es transportado por las bandas.

NOTA N°. 2: Cada vez que se efectúe una descarga este peso será registrado en el programador de carga, todo esto en función del peso programado. (Ver nota N°. 1)

- Después de descargar el concreto en cada uno de los compartimientos extender este a todo lo largo con una pala.
- Posicionar el distribuidor móvil o tolva móvil sobre el molde a colar.

NOTA N°. 3: De no trabajarse en forma automática el movimiento anterior se hará oprimiendo el botón "→" (Ver figura VI.3.d.9).

- Abrir compuertas de descarga de concreto del distribuidor móvil, oprimir el botón "A", así como los botones "V" (activación de vibrador de la tolva distribuidora) y el botón "RD" (accionamiento de rodillos de descarga) esto en caso de estar trabajando en forma manual. (Ver figura VI.3.d.9)

NOTA N°. 4: Poner en funcionamiento los vibradores de las mesas de colado donde se encuentra el molde listo para recibir el concreto al momento en que empiece a caer el concreto al molde, para esta operación oprimir el botón "AV" que se encuentra en los controles de colado (ver figura VI.3.d.4)

- Posterior a la descarga total del concreto cerrar compuertas de descarga botón "C" y trasladar la tolva móvil hacia la tolva fija, oprimir el botón "←" esto en caso de estar trabajando en forma manual (ver figura VI.3.d.9).

- Durante el vibrado emparejar el concreto con el uso de palas de tal forma que el llenado del molde sea uniforme.
- Una vez emparejado el concreto desenganchar "la dama" (pisón mecánico) y bajarlo, oprimir botón "BD". (Ver figura VI.3.d.10)
- Posicionar la "dama" de tal forma que las placas inferiores de la "dama" queden puestas sobre la superficie del concreto de cada compartimiento del molde e independientemente poner en funcionamiento el vibrador del que esta provista la "dama" con el fin de compactar el concreto, para esta operación oprimir el botón "ADV" (ver figura VI.3.d.10)

NOTA N°. 5: La operación de compactación del concreto mediante el pisón mecánico "dama" se realiza simultáneamente con la vibración del molde.

- Subir la "dama" en el momento en que empiecen a salir los finos del concreto a la superficie. (Oprimir botón "SD". Ver figura VI.3.d.10) y simultáneamente desactivar la vibración de la "dama" y del molde. (Ver figura VI.3.d.9 y VI.3.d.10)
- Después de haber terminado de colar el molde desanclarlo de las mesas de vibrado oprimiendo el botón "DM" (ver figura VI.3.d.4)
- Subir el molde con la mesa de elevación oprimiendo el botón "SM" (ver figura VI.3.d.4)
- Transladar el molde hacia la mesa de elevación que se encuentra en la entrada del túnel de curado oprimir botones ENTRADA A TUNEL (primero y segundo paso) ver figura VI.3.d.10.
- El supervisor de turno registrara el numero de molde colado.

VI.3.e. CURADO.

- Después del colado del molde el fraguado del concreto es acelerado por un tratamiento a vapor, durante 9 hrs. a $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Ya puesto el molde sobre la mesa de elevación a la entrada del túnel de curado posicionar el molde a la altura del nivel de entrada.
- Subir o bajar el molde con la mesa accionando los botones "subir"  " o "bajar"  " de los controles a la entrada del túnel de curado. (Ver figura VI.3.e.1, VI.3.e.2 y VI.3.e.3).
- Con el gato hidráulico que se encuentra en la parte trasera de la mesa de elevación empujar el molde al interior del túnel de la siguiente manera:
- Mover el equipo hidráulico subiéndolo o bajándolo de tal forma que quede posicionado exactamente detrás del molde, para esta operación oprimir los botones "subir equipo hidráulico" o "bajar equipo hidráulico" según sea la posición del molde a la entrada del túnel (ver figura VI.3.e.4 controles del sistema hidráulico para empuje de moldes hacia el túnel de curado).

- Empujar el molde mediante el pistón del gato hidráulico oprimiendo el botón "empujar molde" (ver figura VI.3.e.4).
- Después de haber empujado el molde al interior del túnel de curado regresar el pistón de empuje. (ver figura VI.3.e.4)

NOTA N°. 1: Cuando sea iniciada la fabricación y se empiecen a meter los primeros moldes al túnel de curado considerar la siguiente secuencia de entradas al túnel:

- ♣ Primer molde colado, primer nivel
- ♣ Segundo molde colado, segundo nivel
- ♣ Tercer molde colado, tercer nivel

NOTA N°. 2: Es importante indicar el nivel del túnel en donde saldrá el primer molde para que de esta manera el que vaya a recibir los moldes a la salida del túnel sepa por medio de una señalización en que nivel del túnel saldrá el molde para recibirlo, hacer esto oprimiendo según sea el caso los botones de selección de niveles de entrada al túnel de curado (ver figura VI.3.e.4)

VI.3.f. DESMOLDEO.

1.- Desmoldeo:

- Después de cumplir el ciclo de curado recibir el molde con la mesa de elevación a la salida del túnel de curado.
- Posicionar la mesa de elevación en el nivel donde se este recibiendo la señal dada por el indicador de niveles que se encuentran en los controles a la salida del túnel de curado (ver figura VI.3.f.1) para recibir el molde en la salida, oprimir botón "sacar molde" (ver figura VI.3.f.2)
- Ya puesto el molde sobre la mesa de elevación suspender el molde sobre el tren de rodillos y trasladarlo hacia la maquina de desmoldeo. para esto oprimir los botones "avance" (primer y segundo avance)
- Posicionar la maquina de desmoldeo en el durmiente N°. 4 el cual corresponde al primero de derecha a izquierda visto del lado del operador.
- En cada extremo del durmiente introducir un perno de desmoldeo en el barreno que se encuentra en cada una de las placas de tensado y colocar un par de calzas entre el molde y la viga de la maquina desmoldeadora en cada extremo del durmiente a desmoldear. (Ver figuras VI.3.f.3, VI.3.f.4 y VI.3.f.5)
- Ya puestos los pernos de desmoldeo y las calzas subir el durmiente a una velocidad lenta y uniforme, para esto oprimir el botón "subir ↑" que se encuentra en los controles de la maquina de desmoldeo (ver figura VI.3.f.6)
- Una vez desprendido el durmiente continuar subiéndolo hasta que este de un giro.
- Trasladar el durmiente con la maquina desmoldeadora a la altura de las bandas metálicas y colocarlo ahí. El movimiento lateral de la maquina desmoldeadora se efectúa oprimiendo los botones "avance ←" "avance →" en ambos sentidos. (ver figura VI.3.f.6)

- La operación anterior se realiza con los 3 durmientes restantes.

NOTA N°. 2: Después de haber terminado de desmoldear transportar el molde hacia el área de limpieza (ver figura VI.3.f.7)

2.- Extracción de tornillos de tensado:

- Hacer avanzar los durmientes hacia la salida del parque a través del transportador de banda metálica. (oprimir botón "salida ← ". Ver figura VI.3.f.8)
- Con la ayuda de una herramienta (neumática) desatornillar los tornillos de tensado en ambos extremos de cada durmiente en el orden dado en la figura VI.3.f.9.
- Conforme se vayan quitando las placas de tensado de los extremos del durmiente colocar estas en los transportadores de placas y acomodarlas en el orden mostrado en la figura VI.3.f.10, estando listas para ser limpiadas de acuerdo a la instrucción VI.3.a.

3.-Tapado de alvéolos:

3.1.- Preparación de mortero para taponeo de alvéolos:

- Cernir arena y mezclarla con cemento gris. El total de la mezcla esta compuesta del 50% de cada uno de los materiales.
- Humedecer la mezcla con agua a modo que se obtenga una consistencia seca (mínimo de humedad).
- Preparar un adhesivo látex mezclado con agua. El total de la mezcla a preparar esta compuesta del 50% de cada uno de los componentes.

3.2.- Aplicación:

- Antes de ser taponeados los alvéolos (huecos), estos deben estar libres de polvo, Ver figura VI.3.f.10.
- Humedecer el alvéolo con látex compuesto, (50% de látex y 50% de agua).
- Llenar el hueco con mortero, con ayuda de una canal y un tubo hueco y compactar.
- Rellenar el hueco, compactar el mortero golpeando con un martillo directamente sobre el mortero y enrasar el exceso.
- El supervisor de turno registra los siguientes datos:

- N° de molde
- N° de durmiente rechazado correspondiente al N° del molde
- En el cuadro de observaciones indicar cualquier tipo de contingencias que se presenten durante el turno

VI.3.g. ALMACENAMIENTO.

- Después de haber tapado los alvéolos de ambos extremos de los durmientes, estos se irán recorriendo por medio del transportador de banda metálica hasta llegar a la mesa de rodillos. (Ver figura VI.3.g.1)

NOTA N°. 1: Durante el transporte de los durmientes a través del transportador de banda metálica colocar entre los durmientes un par de separadores protectores en las cabezas y en durmientes alternado, a fin de evitar que estos se golpeen entre sí (ver figura VI.3.g.2)

- Con la grúa que se encuentra anexa a la nave de durmientes y mediante un dispositivo de sujeción (canasta) con capacidad para 4 durmientes, transportar los durmientes tomándolos de la mesa de rodillos conforme vayan saliendo de la nave. (Ver figura VI.3.g.3 y VI.3.g.4)

VI.3.g-A. El acomodo de los durmientes será de la siguiente forma:

Equipo:

- Grua hormiga capacidad 5 toneladas
- Grua portico capacidad 8 toneladas
- Tractor
- Plataformas
- Canastillas

Generalidades:

Después de desmoldear los durmientes se trasladan hacia el portico de 8 toneladas. Con la grúa de 5 toneladas y la canastilla para cuatro durmientes se enganchan los durmientes y se trasladan hacia la plataforma del tractor o directamente a un costado del portico de 8 toneladas de tal forma que la grúa de 8 toneladas los pueda transportar al área de almacenamiento. Ver figura VI.3.g – A.1.

Nota: durante el manejo, tener cuidado que los durmientes no se golpeen entre ellos y evitar así despostillamientos

Uso de canastillas

Capacidad y usos

Capacidad

- Canastilla para 4 durmientes. Para trasladar los durmientes de la salida de la línea de producción hacia el área donde los alcance la grúa de 8 toneladas.
- Canastilla para 10 durmientes. Para trasladar los durmientes al área de almacenamiento y embarque.
- Canastilla para 15 durmientes para acomodar estibas y embarque.

Modo de empleo

- Las canastillas cuentan con 4 estobos colocados en cada una de las esquinas y en extremo opuesto se encuentran unidas por un grillete, el cual se engancha al polipasto de las gruas.
- Una vez colocada se posiciona por los costados de la estiba ligeramente por debajo de los durmientes. Ver figura VI.3.g - A.2
- La canastilla se desplaza hacia enfrente hasta que se halla alcanzado su capacidad de llenado, subir la canastilla y trasladar los durmientes hacia la estiba de almacenamiento o en su caso a la plataforma de la espuela. Ver figura VI.3.g - A.3.

Almacenamiento:

- El parque de almacenamiento se encuentra dividido por filas con bases de concreto, sobre estas bases se colocan tiras de madera de 5 cm x 5 cm de sección transversal para evitar el contacto concreto con concreto, se colocan los durmientes sobre la madera a todo lo largo de la fila (90 durmientes aproximadamente) una vez colocados la primera hilera se coloca sobre los durmientes la madera en la parte del asiento de él para posteriormente colocar otra cama de durmientes, se repite la operación hasta completar 18 camas. Ver figura VI.3.g - A.4.

Segregación y registro de durmientes "RX":

Los durmientes que son rechazados son marcados con un "RX", estos no son enviados al área de almacenamiento, sino que son separados inmediatamente cuando están sobre los rodillos de desmoldeo y se apilan para ser enviados al área de producto rechazado, si se rechaza durmientes en las estibas estos serán marcados con "RX" y separados al estar embarcado.

Embarque:

El durmiente de concreto deberá embarcarse en plataforma o en gondolas de ferrocarril, normalmente se embarcarán 200 durmientes por gondola o plataforma; pudiendo variar este número de acuerdo a la capacidad de la gondola y necesidades de embarque, en un máximo de 6 camas separadas por polines de madera o bien de acuerdo a como lo especifique el cliente.

- Después de terminar la estiba pintar las caras de los durmientes con pintura asfáltica (hacer esto con rodillo)

VI.3.h. CURADO DE DURMIENTES EN EL ALMACENAMIENTO.

1.- Colocación de aspersores para agua.

- Después de su almacenamiento en el parque se colocan los aspersores de tal forma que se humedezca en su totalidad la estiba y mantener constante su riego (ver figura VI.3.h.1 y VI.3.h.2).

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.a - LIMPIEZA DEL MOLDE

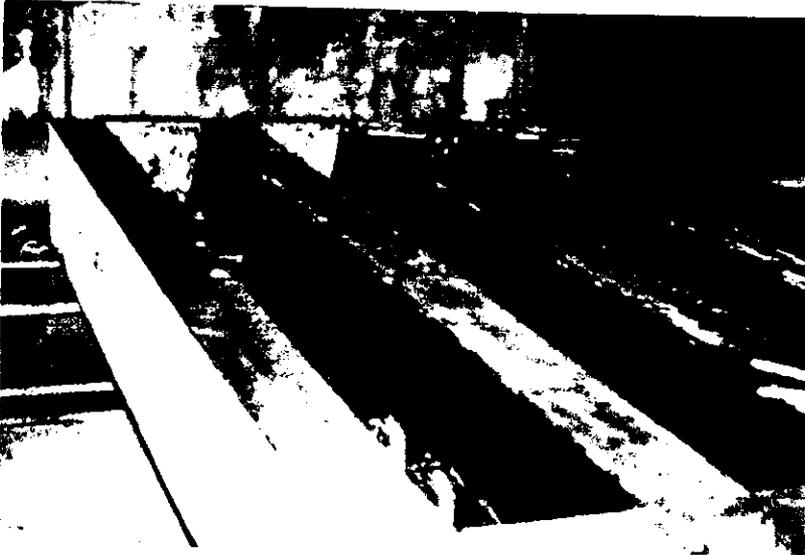


FIGURA VI.3.a.1

**MOLDE CON CAPACIDAD PARA COLOCAR 4 DURMIENTES
(4 COMPARTIMENTOS)**

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI 3.a - LIMPIEZA DEL MOLDE



INTERIOR DEL COMPARTIMIENTO

FIGURA VI.3.a.2

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.a - LIMPIEZA DEL MOLDE

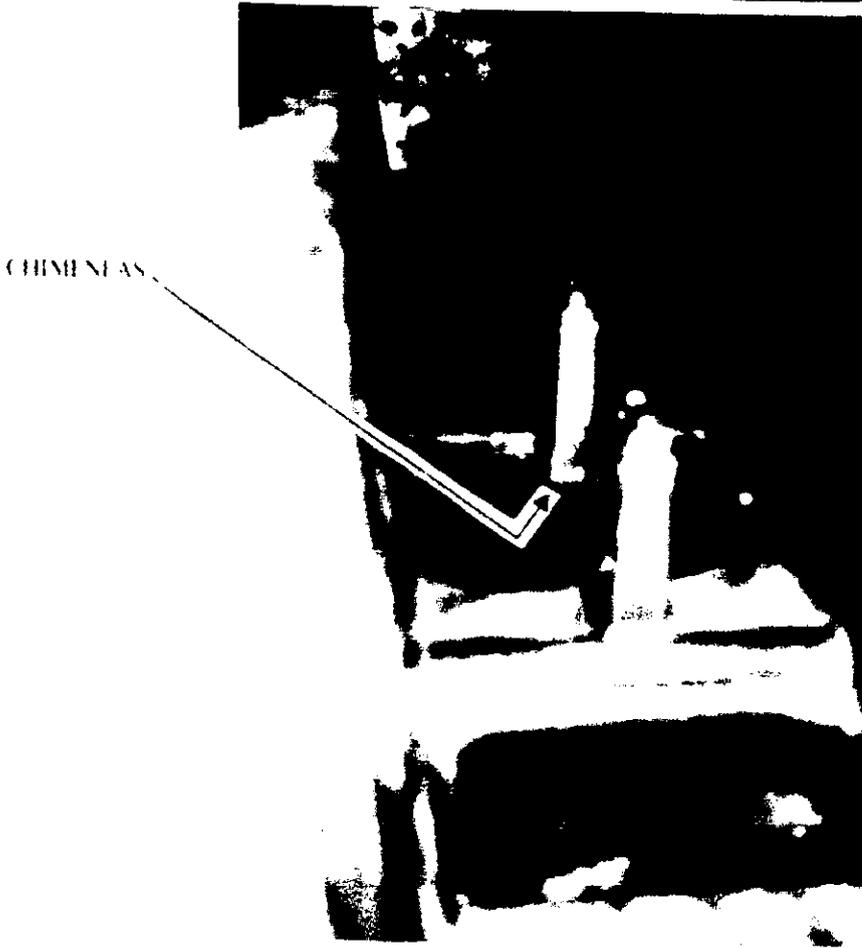
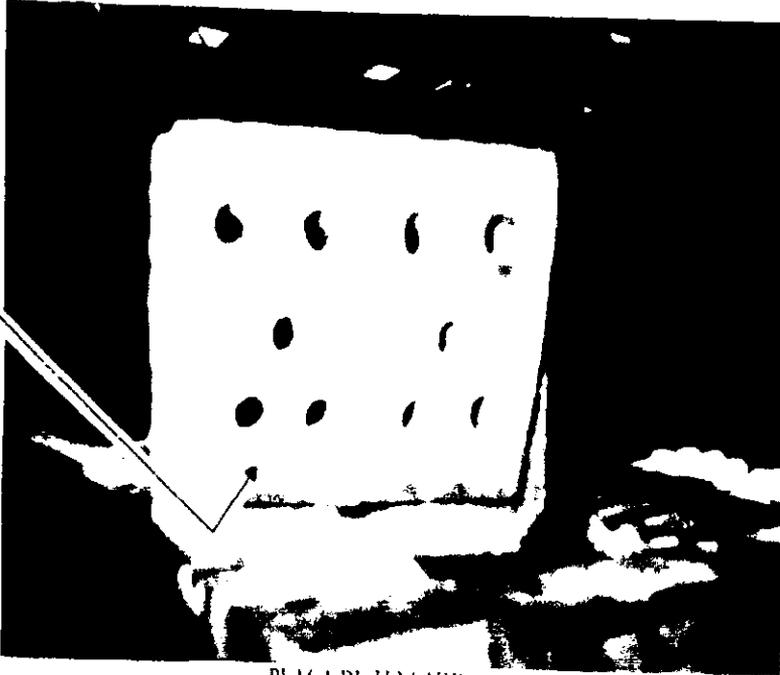


FIGURA VI.3.a.3

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.a - LIMPIEZA DEL MOLDE



PLACA DE TENSADO

FIGURA VI.3.a.4

FIGURA VI.3.a.5



ESCOBILLONES DE ALAMBRE PARA LIMPIEZA
DE BARRIDOS EN LAS PLACAS DE TENSADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.a - LIMPIEZA DEL MOLDE

CUERDA INTERIOR DEL TORNILLO DE TENSADO



FIGURA VI.3.a.6

TORNILLOS DE TENSADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3 a- LIMPIEZA DEL MOLDE

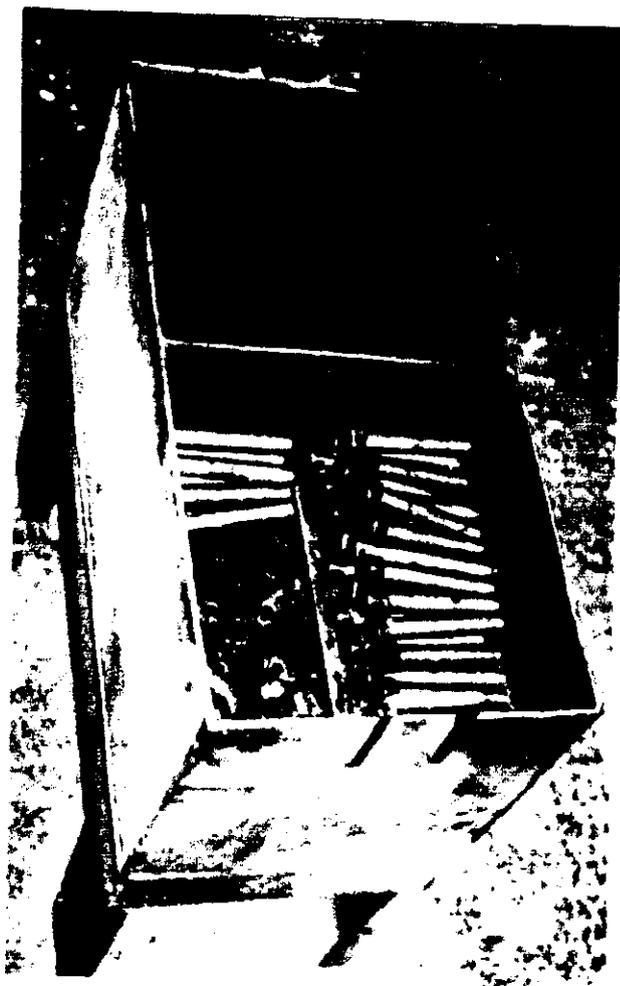


FIGURA VI.3.a.7

TINA PARA LLUBRICACION DE TORNILLOS DE TENSADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE

PLACA DE TENSADO



FIGURA VI.3.b.1

PLACAS DE TENSADO COLOCADAS EN CADA UNO DE LOS COMPARTIMIENTOS DEL MOLDE

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI 3 b - ARMADO DE MOLDE

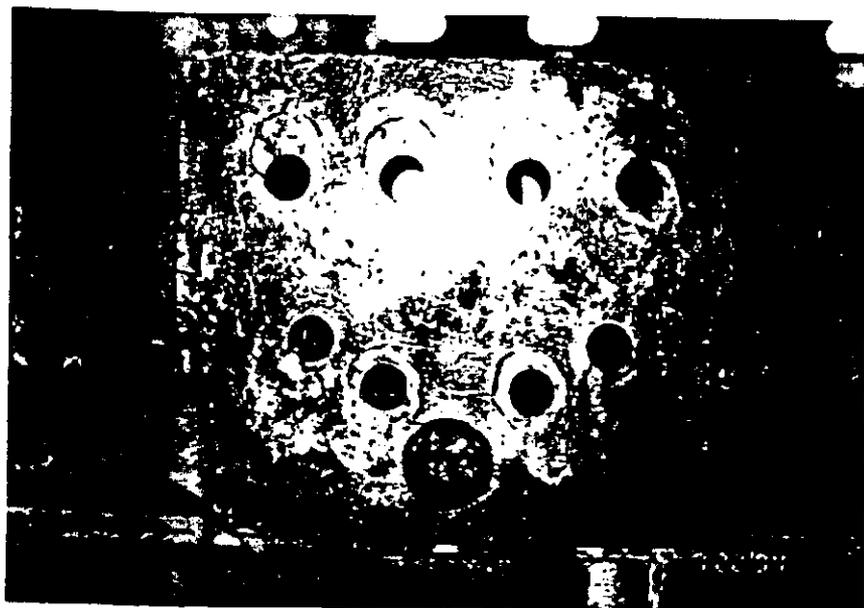


FIGURA VI.3.b.2

PLACA DE TENSADO COLOCADA EN EL COMPARTIMIENTO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE

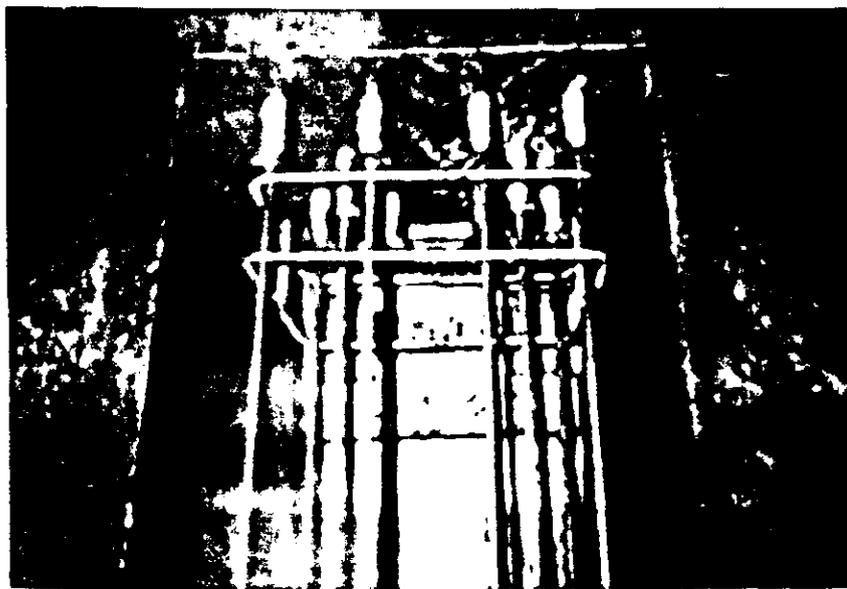


FIGURA VI.3.b.3

COLOCACION DE ESTRIBO DENTRO DEL MOLDE

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b.- ARMADO DE MOLDE

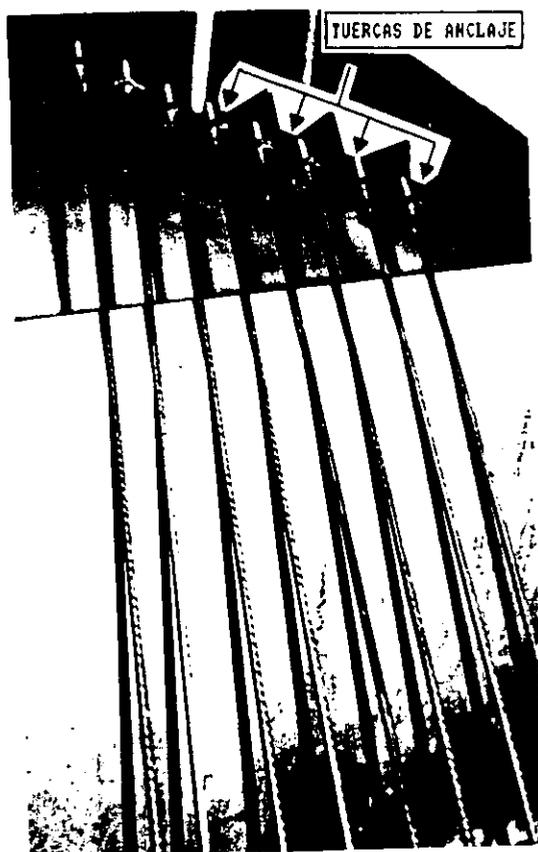
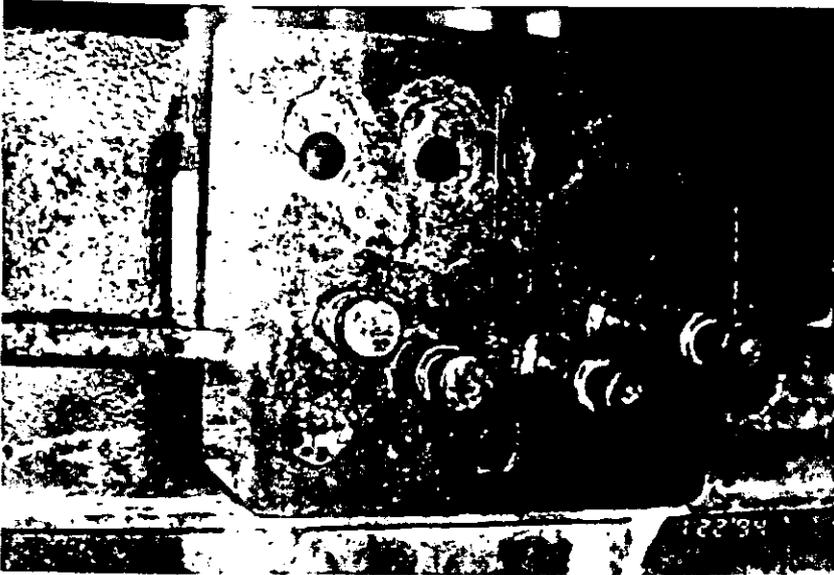


FIGURA VI.3.b.4

GENERATRICES

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE

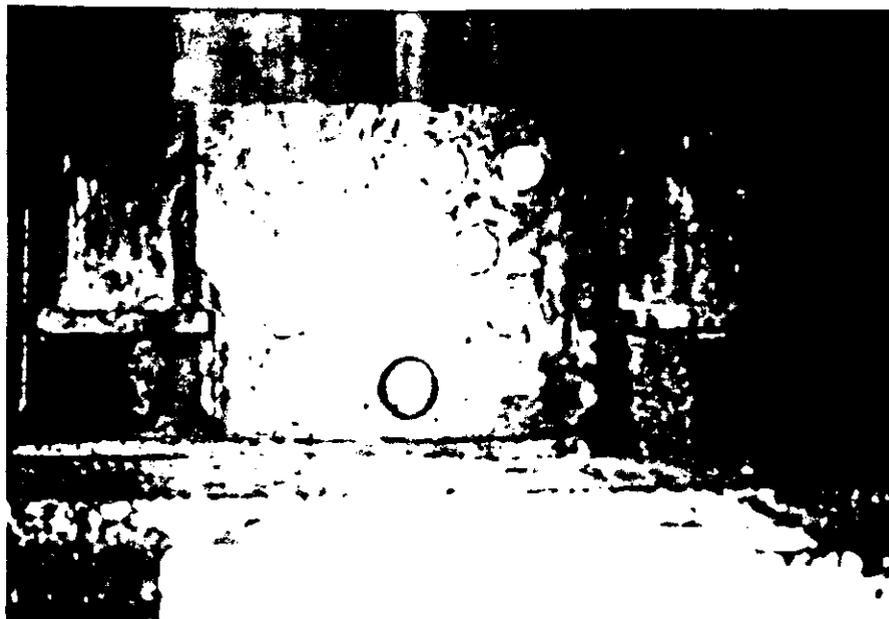


INTRODUCCION DE LOS TORNILLOS DE TENSADO
A LOS BORNOS DE LA PLACA DE TENSADO

FIGURA VI.3.b.5

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE



EXTREMO DEL COMPARTIMIENTO CON LOS TORNILLOS DE TENSADO
PUESTO A TODA LA CUERDA DE LA GENERATRIZ SIN ESCANHELON

FIGURA VI.3.b.6

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE



DADO CON MATERIAL PARA ATORNILLADO
DE TORNILLOS DE TENSADO A LAS
GENERATRICES

FIGURA VI.3.b.7

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b.- ARMADO DE MOLDE

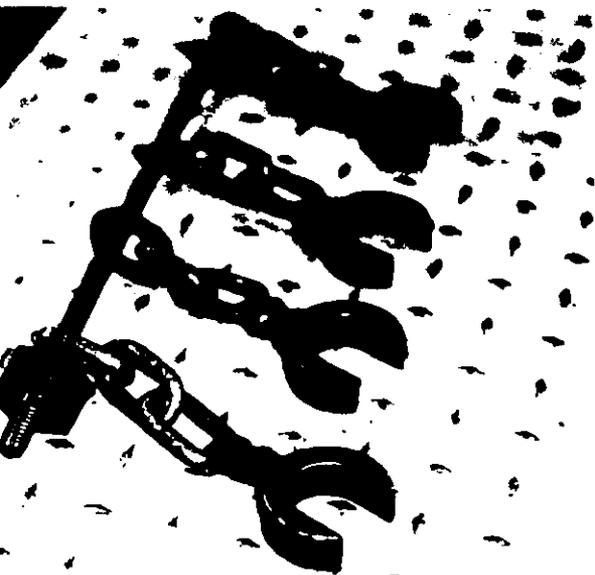


FIGURA VI.3.b.8

ESCANTILLONES

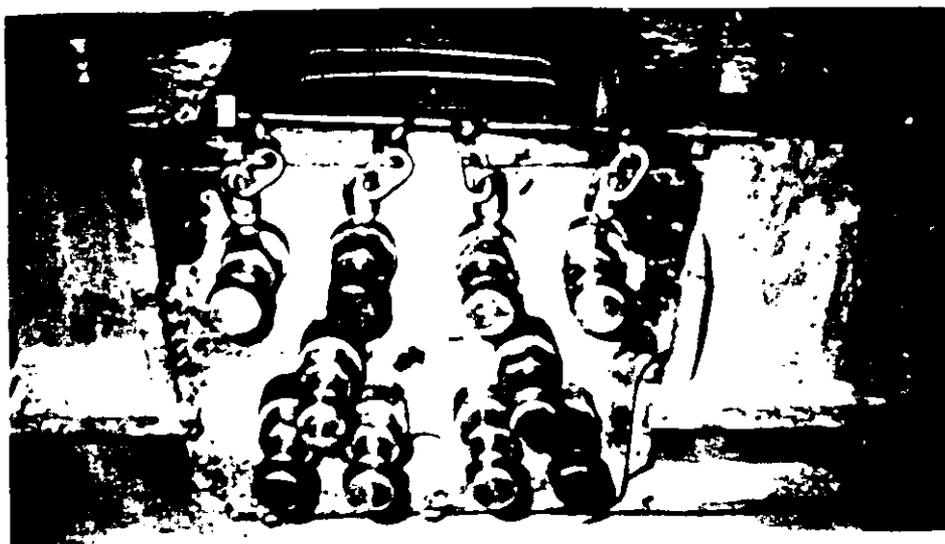


FIGURA VI.3.b.9

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI 3 b.- ARMADO DE MOLDE

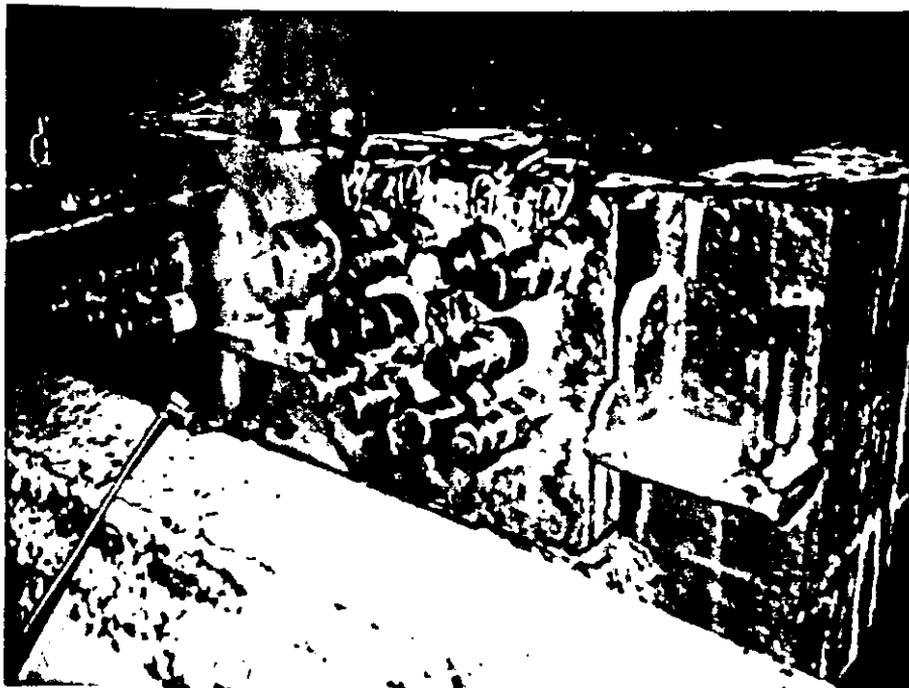


FIGURA VI.3.b.10

AJUSTE DE TORNILLOS DE TENSADO HASTA EL TOPE DEL ESCANTILLON

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE

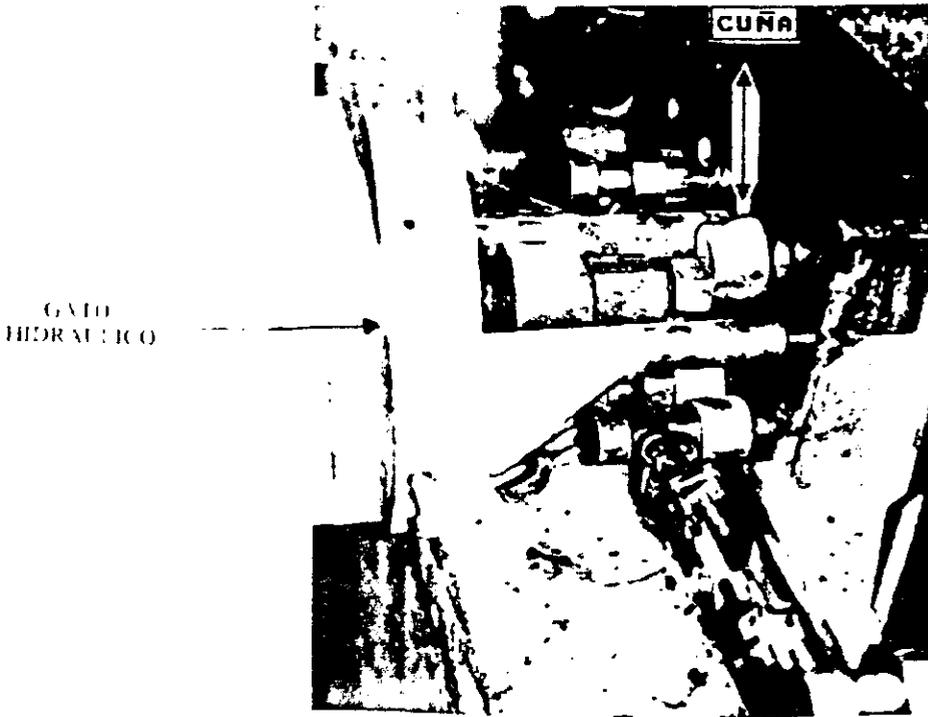
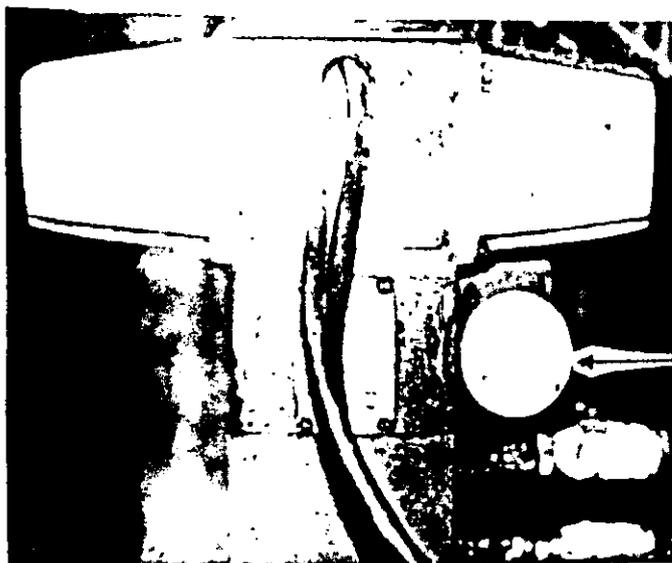


FIGURA VI.3.b.11

TENSADO DE GENERATRIZ CON GATO HIDRAULICO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE



PERILLA
DE
AJUSTE

FIGURA VI.3.b.12

PERILLA DE AJUSTE DE PRESION PARA EL GATO HIDRAULICO

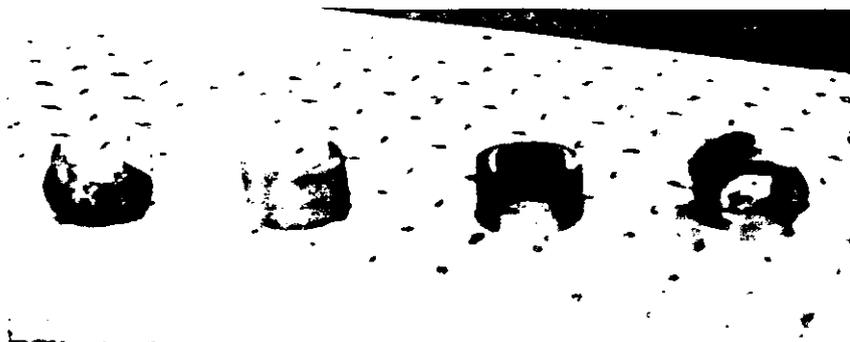


FIGURA VI.3.b.13

CUÑAS

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE

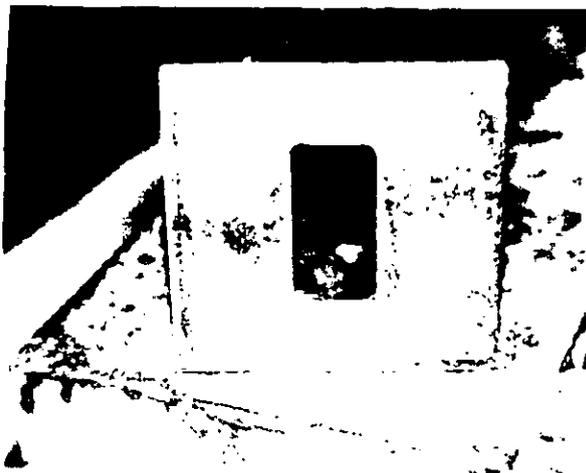


FIGURA VI.3.b.14

GENERATRICES INTERIORES, INTERMEDIAS Y SUPERIORES TENSADAS

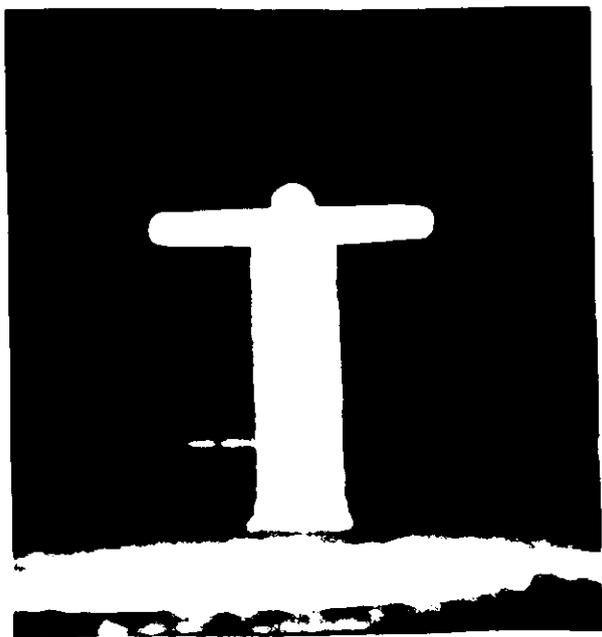
FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b.- ARMADO DE MOLDE



PLACA DE ANCLAJE

FIGURA VI.3.b.14-A



PLACA DE ANCLAJE PUESTA
SOBRE UNA DE LAS CHIMENEAS
DEL COMPARTIMIENTO DEL MOLDE

FIGURA VI.3.b.15

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE



PIEZA DE UNISEL PARA DESAGUE

FIGURA VI.3.b.16

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.b - ARMADO DE MOLDE



SECCION DE LAS PIEZAS
DE UNIGEL PARA DESAGUE



FIGURA VI.3.b.17



FIGURA VI.3.b.18

PIEZAS DE UNIGEL PARA DESAGUE PUESTAS SOBRE LAS PLACAS DE ANCLAJE

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.c - PREPARACION DE CONCRETO



FIGURA VI.3.c.1

MAMPARAS DE ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.c - PREPARACION DE CONCRETO



FIGURA VI.3.c.2

MEZCLADORA SUBIENDO PARA EFECTUAR DESCARGA EN TOLVA FIJA RECEPTORA DE CONCRETO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.c- PREPARACION DE CONCRETO

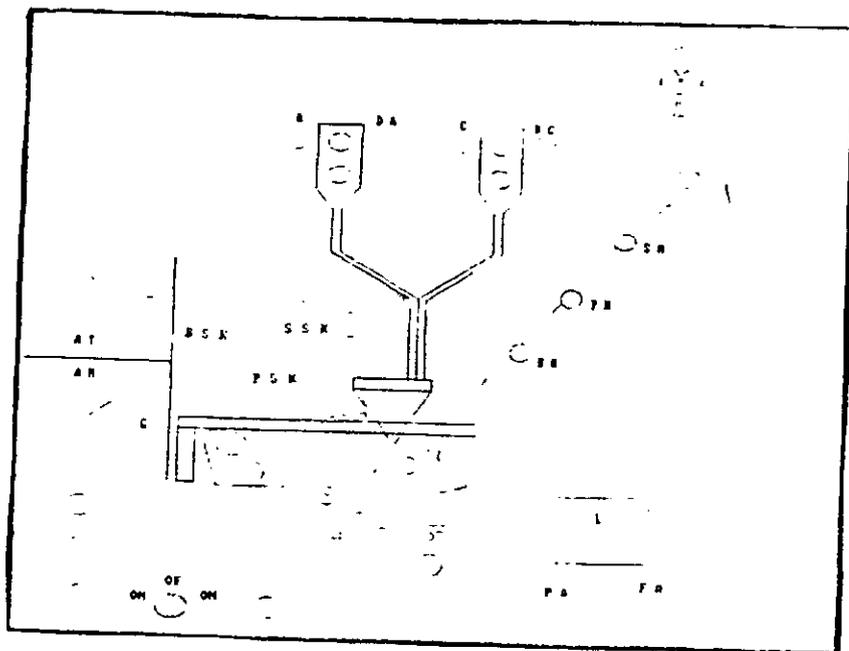


FIGURA VI.3.c.3

CONTROLES DE PLANTA DE CONCRETO "ELBA"

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3 c- PREPARACION DE CONCRETO

MANEJO DE DRAGALINA PARA SUBIR AGREGADOS DE LAS HAMPAHAS	
DESCRIPCION	FUNCION
CLAVE ON	ACTIVAR SISTEMA ELECTRICO
CLAVE OF	DESACTIVAR SISTEMA ELECTRICO
PALANCA IZQUIERDA	SUBIR AGREGADOS POR MEDIO DE UNA PALA MECANICA, MOVIENDO LA PALANCA HACIA ATRAS. NOTA: Durante esta operacion se alternando el frenado de la pala, pisando el pedal izquierdo que se encuentra en el piso para evitar que se desentende el cable que sube la pala.
PALANCA DERECHA	BAJAR LA PALA MECANICA, MOVIENDO LA PALANCA HACIA ATRAS. NOTA: Durante esta operacion se alternando el frenado de la pala, pisando el pedal izquierdo que se encuentra en el piso para evitar que se aftraste la pala sobre los agregados y no los regrese.
PALANCA DE GIRO.	UBICAR LA PALA MECANICA EN LA HAMPARA DEL AGREGADO A SUBIR MEDIANTE UN GIRO (DERECHO O IZQUIERDO)
PALANCA DE FRENO DEL GIRO.	FIJAR LA PALA MECANICA CUANDO SE ESTEN SUBIENDO AGREGADOS.

TABLA VI.3.c.1

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI 3 c - PREPARACION DE CONCRETO

CONTROLES DE PLANTA DEL CONCRETO "ELUAT"	
DESCRIPCION	FUNCION
AGREGADOS	
A T	PESAR ARENA TRITURADA
A R	PESAR ARENA DE RISA
C	PESAR GRASA.
AGUA	
A	PESAR AGUA.
B A	DESCARGA AGUA YA PESADA A LA MECLADORA.
CEMENTO	
C	PESAR CEMENTO.
B C	DESMEZCLA CEMENTO YA PESADO A LA MECLADORA.
DESCARGA DE AGREGADOS	
S S E	CONFECCION DEL MONTAJE DE PESADO Y DESCARGA A LA MECLADORA.
B S E	CONFECCION DEL MONTAJE DE PESADO Y DESCARGA A LA MECLADORA.
P S E	CONFECCION DEL MONTAJE DE PESADO Y DESCARGA A LA MECLADORA.
ARMANQUE DE MECLADORA	
T A	PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ARMAS DE LA MECLADORA.
P A	PARA EL GIRO DE ARMAS DE MECLADORA.
MOVIMIENTO DE MECLADORA	
S M	CONFECCION DE LA MECLADORA Y REPARACION DE LOS MANTENIMIENTOS.
B M	CONFECCION DE LA MECLADORA, PASAJE DE LA MECLADORA PARA EL PESADO Y DESCARGA DEL CEMENTO.
P M	CONFECCION DEL MONTAJE DE PESADO Y DESCARGA A LA MECLADORA.

TABLA VI.3.c.2

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

MESA DE ELEVACION

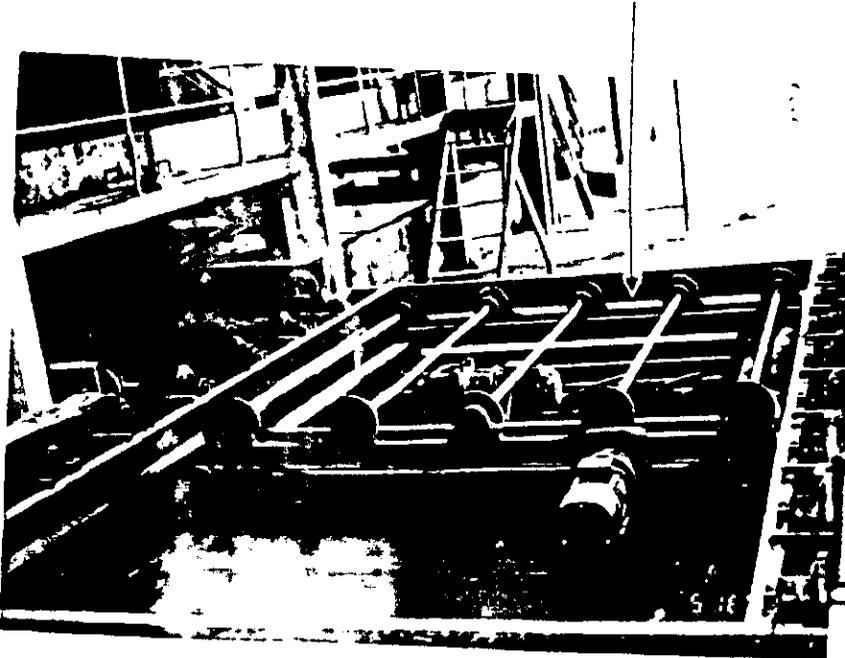
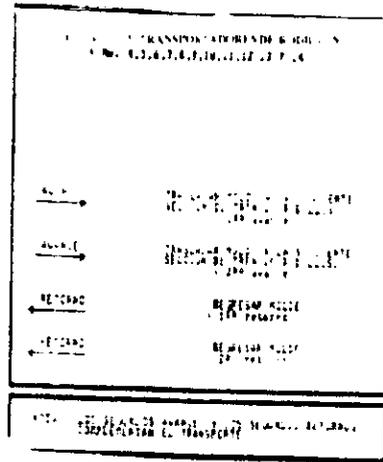


FIGURA VI.3.d.1

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO



CONTROL DE TRANSPORTADORES DE RODILLOS

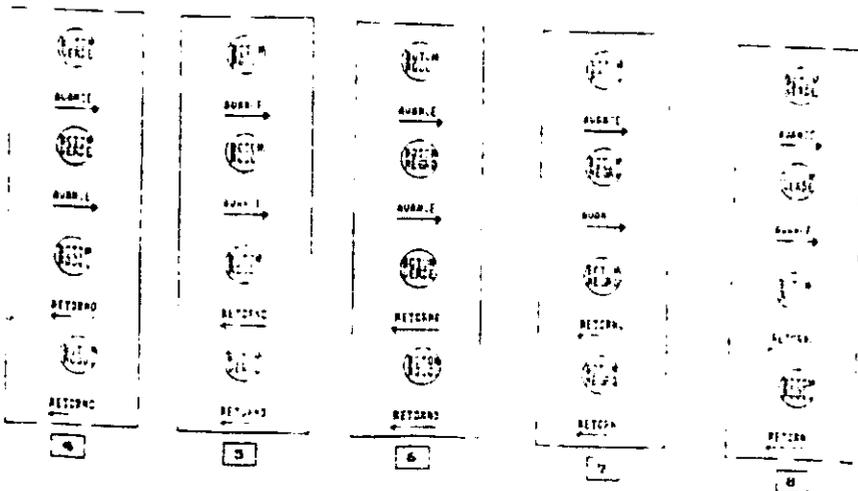


FIGURA VI.3.d.2

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

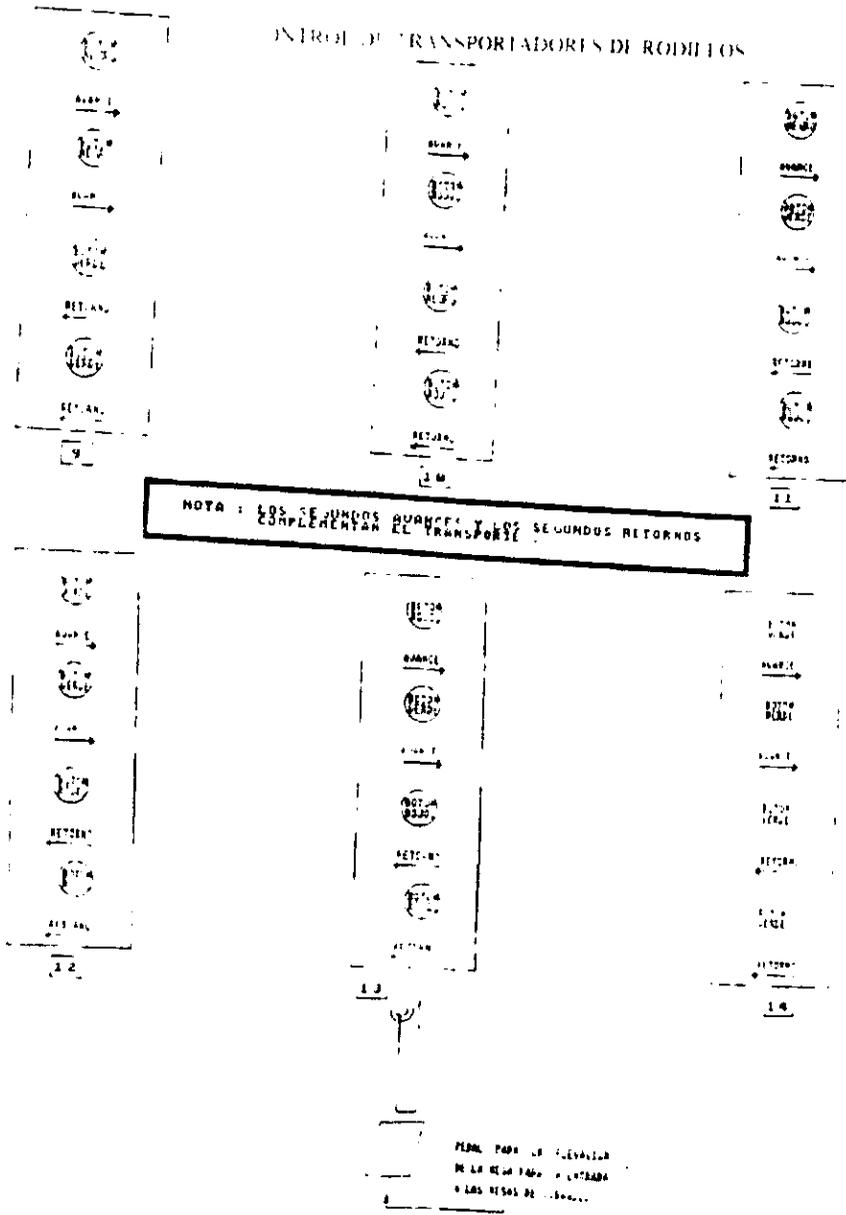


FIGURA VI.3.d.2
(CONTINUACION)

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

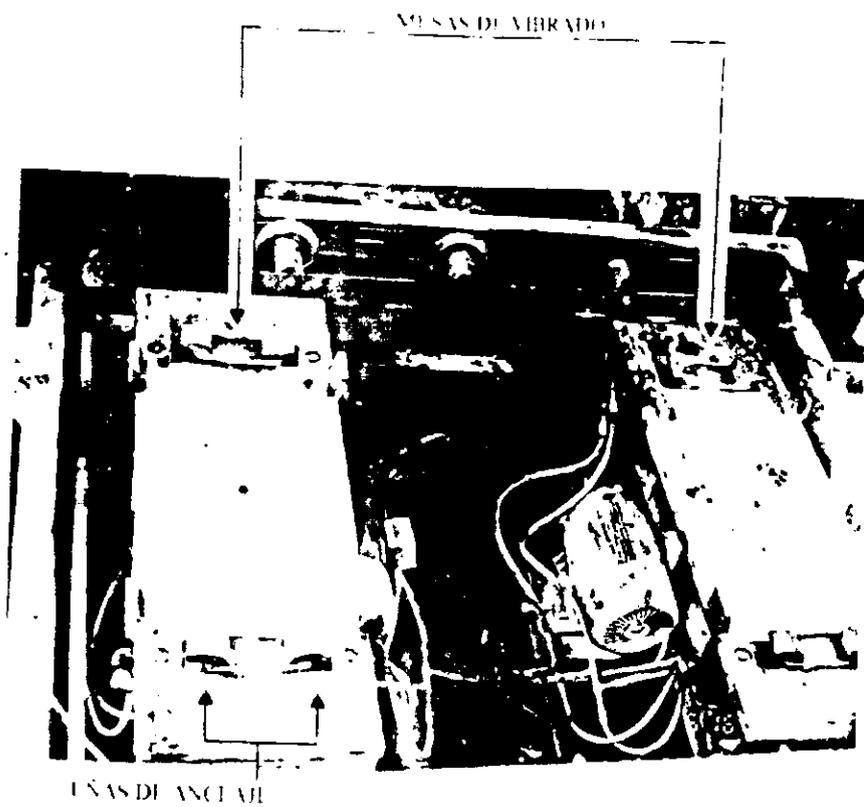


FIGURA VI.3.d.3

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d.- COLADO

CONTROLES DE COLADO	
DESCRIPCION O CLAVE	FUNCION
PROGRAMADOR DE TIEMPO.	PROGRAMAR EL TIEMPO DE VIBRADO DE LAS MESAS. (minutos) .
PT	PARO TOTAL DE LA MAQUINA.
ASH	ARRANQUE DEL SISTEMA HIDRAULICO.
PSH	PARO DEL SISTEMA HIDRAULICO.
AU	ARRANQUE DEL VIBRADO EN LAS MESAS.
PV	PARO DEL VIBRADO EN LAS MESAS.
BM	BAJAR MESA DE ELEUACION (vibrado)
SM	SUBIR MESA DE ELEUACION (vibrado)
AM	ANCLAR MOLDE.
DM	DESANCLAR MOLDE.

FIGURA VI.3.d.4

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

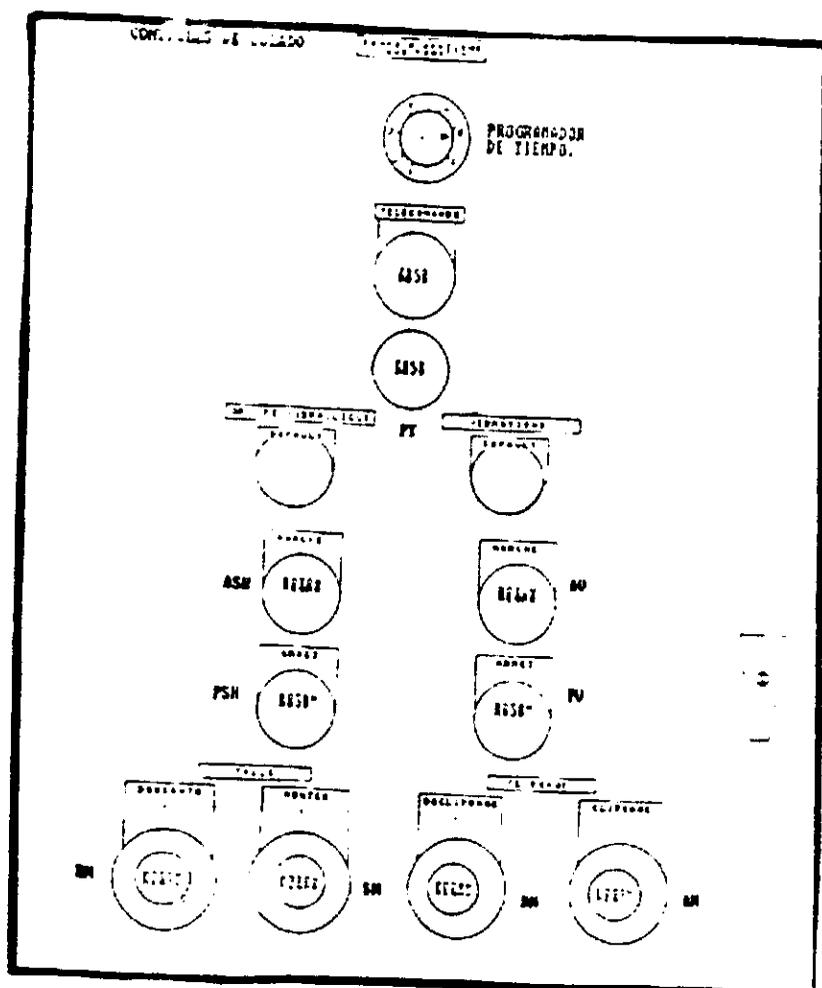
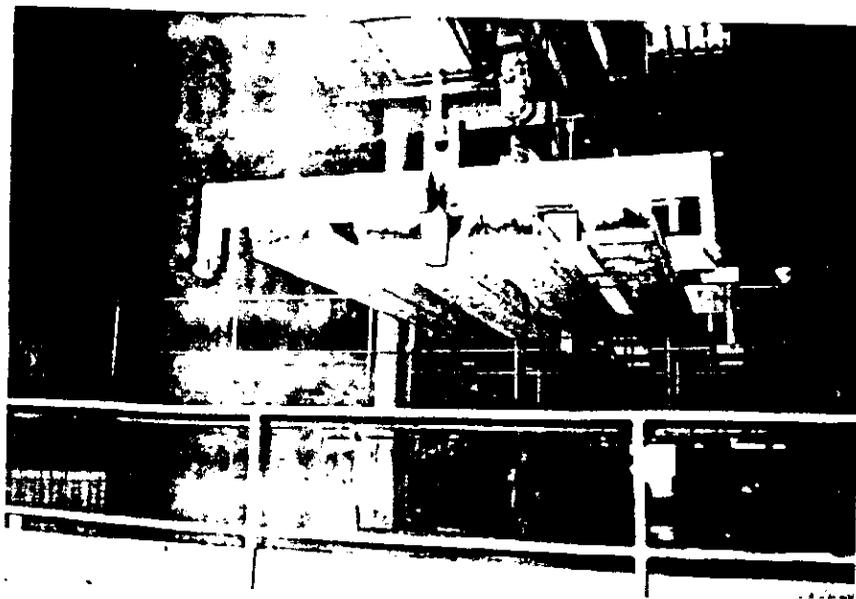


FIGURA VI.3.d.4
(CONTINUACION)

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO



"DAMA" (pison mecánico)

FIGURA VI.3.d.5

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

TOLVA FIJA

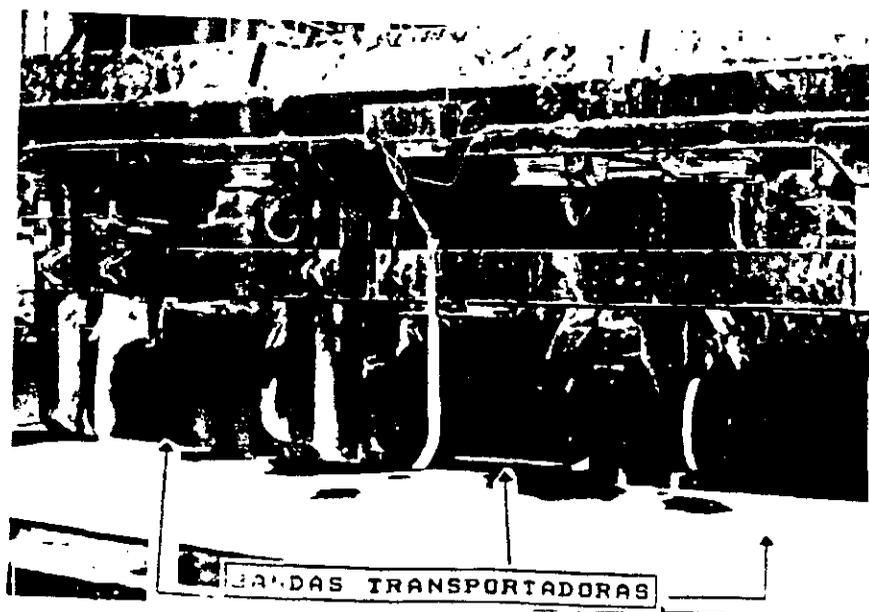


FIGURA VI.3.d.6

DISTRIBUCION DE CONCRETO A TRAVES DE LAS BANDAS DE LA TOLVA FIJA

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

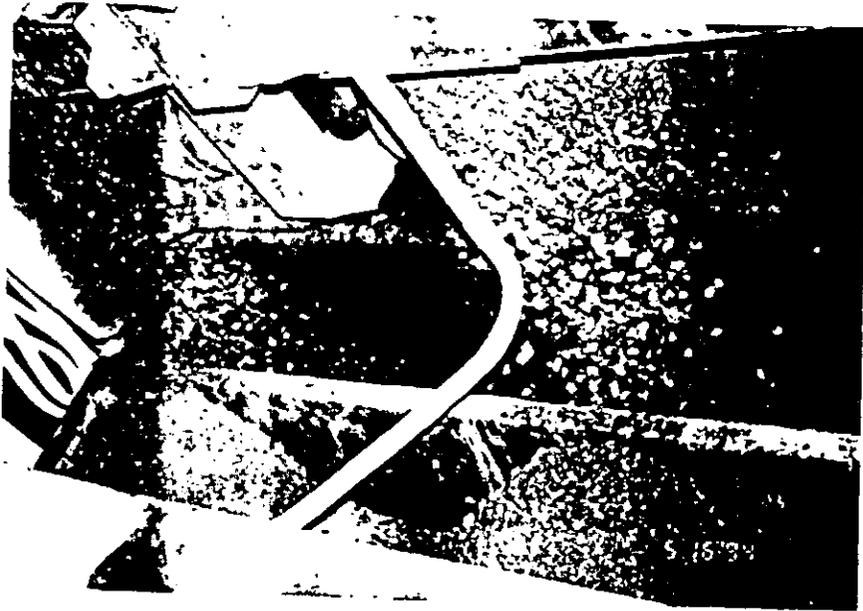


FIGURA VI.3.d.7

DISTRIBUIDOR DE CONCRETO A TRAVES DE LAS BANDAS DE LA TOLVA FIJA HACIA CADA UNO DE LOS COMPARTIMIENTOS DE LA TOLVA DISTRIBUIDORA MOVIL

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO



FIGURA VI.3.d.8

TOLVA MOVIL DOSIFICADORA DE CONCRETO PARA EL COLADO DE CADA UNO DE LOS DURMIENTES

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

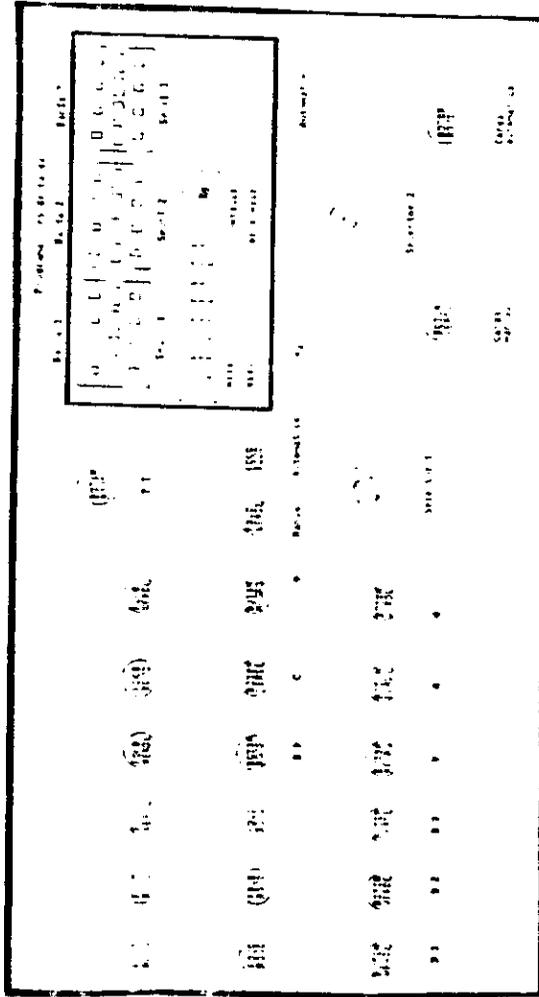


FIGURA VI.3.d.9

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

TABLERO DE CONTROLES DE MODIFICACION DE CONCRETO		DESCRIPCION		FUNCION	
CLAVE		CLAVE			
B1	PULETA EN FUNCIONAMIENTO DE BANDA DE TOLVA (funcionamiento manual 1).	SELECCION 1	SELECCIONAR TRAMPA AUTOMATICO O MANUAL.		
B2	PULETA EN FUNCIONAMIENTO DE BANDA DE TOLVA (funcionamiento manual 2).	SELECCION 2	SELECCIONAR CARGA Y DISTRIBUCION DE CONCRETO A LA TOLVA DISTRIBUIDORA PARA HACER EN FORMA AUTOMATICO O MANUAL.		
B3	PULETA EN FUNCIONAMIENTO DE BANDA DE TOLVA (funcionamiento manual 3).				
B	REGULACION DE VIBRACION DE LA TOLVA DISTRIBUIDORA AL MOMENTO DE LA DESCARGA.	CARGA MANUAL	SELECCIONAR LA CARGA Y DISTRIBUCION DE CONCRETO A LA TOLVA DISTRIBUIDORA DESPUES DE HABER HECHO LA SELECCION EN "SELECCION" EN MANUAL.		
B	HECHO COMPLETA DE DESCARGA EN TOLVA DISTRIBUIDORA MANUAL.				
←	AVANCE DE TOLVA DISTRIBUIDORA HACIA TOLVA FIJA.	CARGA AUTOMATICO	SELECCIONAR LA CARGA Y DISTRIBUCION DE CONCRETO A LA TOLVA DISTRIBUIDORA DESPUES DE HABER HECHO LA SELECCION EN "SELECCION" EN AUTOMATICO.		
B3	ACELERAMIENTO DE RODILLOS DE DESCARGA DE LA TOLVA DISTRIBUIDORA MANUAL.	PROGRAMACION DE CARGA	PROGRAMAR EL PESO EN KG. DE CONCRETO PARA EL COLADO DE CADA DURMIENTE.		
C	TERMINO COMPLETA DE DESCARGA DE LA TOLVA DISTRIBUIDORA MANUAL.	Banda 1	Banda 1 = Banda 1 + Banda 2 = Peso en kg. de concreto requerido para colar un durmiente.		
→	AVANCE DE TOLVA DISTRIBUIDORA HACIA BELLE LISTO PARA COLAR.	Banda 2			
PT	PANT. TOTAL	Banda 3			

FIGURA VI.3.d.9
(CONTINUACION)

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.d - COLADO

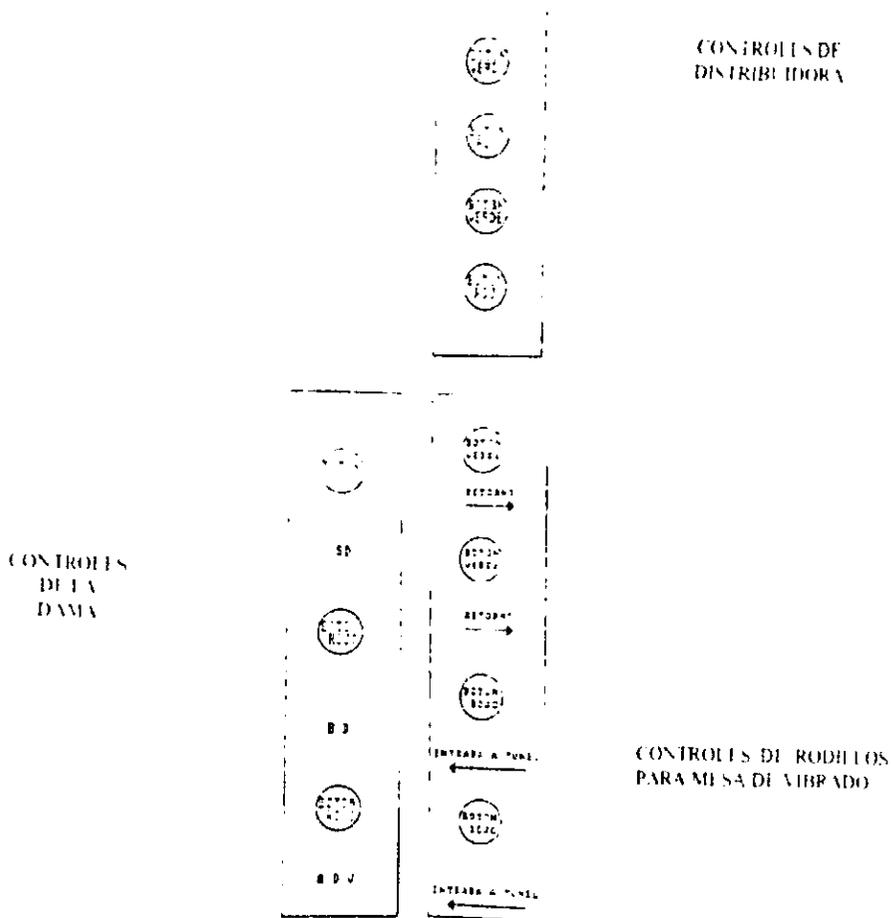


FIGURA VI.3.d.10

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI3 d- COLADO

CONTROLES DE RODILLOS PARA MESAS DE VIBRADO Y MESA DE ELEVACION .	
DESCRIPCION	FUNCION
0 CLAVE	
SD	ELEVAR EL VIBRADOR SUPERIOR "DAMA" DESPUES DE HABER TERMINADO EL TIEMPO DE VIBRADO (COMPACTACION DEL CONCRETO.)
BD	COMPACTAR EL CONCRETO SOBRE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO CONTENIDO EN EL MOLDE.
ENTRADA A TUNEL ←	AVANZAR EL MOLDE HACIA LA ENTRADA DEL TUNEL . (Primer paso de entrada al tunel)
ENTRADA A TUNEL ←	COLOCAR EL MOLDE EN LA MESA DE ELEVACION A LA ENTRADA DEL TUNEL (segundo paso de entrada al tunel)
RETORNO →	REGRESAR EL MOLDE A LA MESA DE VIBRADO. (primer retorno)
RETORNO →	REGRESAR Y COLOCAR TOTALMENTE EL MOLDE A LA ALTURA DE LA MESA DE VIBRADO. (segundo retorno)
ADU	ACCIONAR EL VIBRADOR DE LA "DAMA"

FIGURA VI.3.d.10
(CONTINUACION)

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.e - CURADO



FIGURA VI.3.e.1

MESA DE ELEVACION PARA POSICIONAMIENTO DEL MOLDE A LA MESA DEL TUNEL DE CURADO EN LOS TRES NIVELES.

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.e - CURADO



FIGURA VI.3.e.2

ENTRADA AL TUNEL DE CURADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.e - CURADO

PT PARO TOTAL

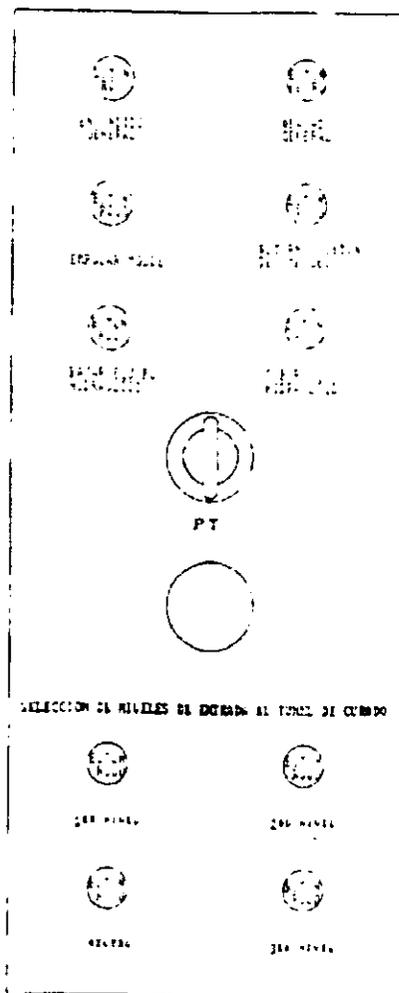
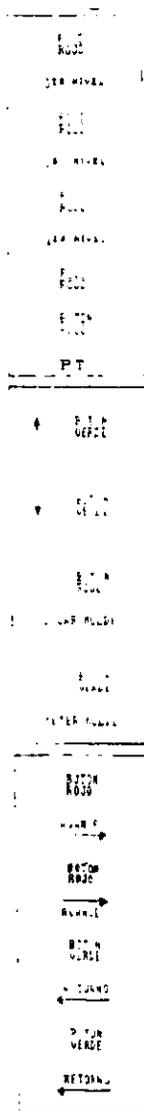


FIGURA VI.3.e.4

CONTROLES DEL SISTEMA HIDRAULICO PARA EMPUJE DE MOLDES HACIA EL TUNEL DE CURADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI 3 f- DESMOLDEO



CONTROLES A LA SALIDA DEL TUNEL DE CURADO	
DESCRIPCION O CLAVE	FUNCION
INDICADORES DE NIVEL: 1ER NIVEL 2ER NIVEL 3ER NIVEL	RECIBIR LA SEÑAL DEL NIVEL EN QUE SALDRA EL PROXIMO MOLDE
PT	PARO TOTAL
↑	SUBIR MESA DE ELEVACION
↓	Bajar MESA DE ELEVACION
SACAR MOLDE	JAJAR EL MOLDE EN LA SALIDA DEL TUNEL Y POSICIONARLO SOBRE EL TREN DE RUDILLOS.
METER MOLDE	METER EL MOLDE AL TUNEL DE CURADO
→ AVANCE	TRANSPORTAR EL MOLDE AL AREA DE DESMOLDEO (primer avance)
→ AVANCE	TRANSPORTAR EL MOLDE AL AREA DE DESMOLDEO (segundo avance)
← RETORNO	REGRESAR EL MOLDE A LA MESA DE ELEVACION (primer retorno)
← RETORNO	REGRESAR EL MOLDE A LA MESA DE ELEVACION (segundo retorno)

FIGURA VI.3.f.1

CONTROLES A LA SALIDA DEL TUNEL DE CURADO.

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO

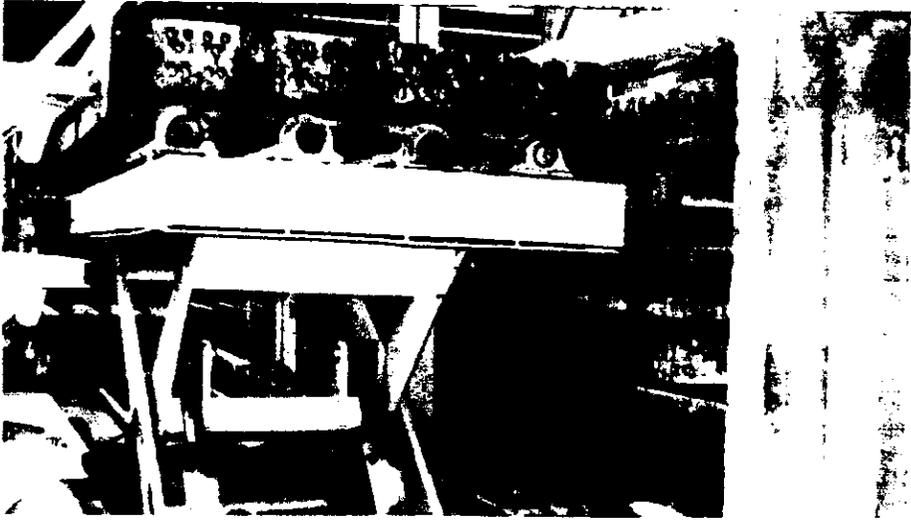


FIGURA VI.3.f.2

MESA DE ELEVACION RECIBIENDO EL MOLDE A LA SALIDA DEL TUNEL DE CURADO



FIGURA VI.3.f.3

CALZAS

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO

VI.3.f. DESMOLDEO

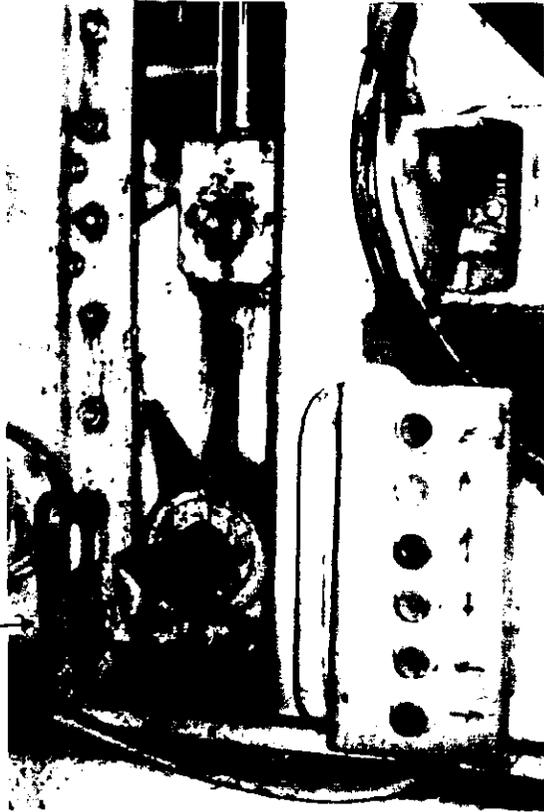


FIGURA VI.3.f.4

MAQUINA DESMOLDEADORA

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3 f.- DESMOLDEO.

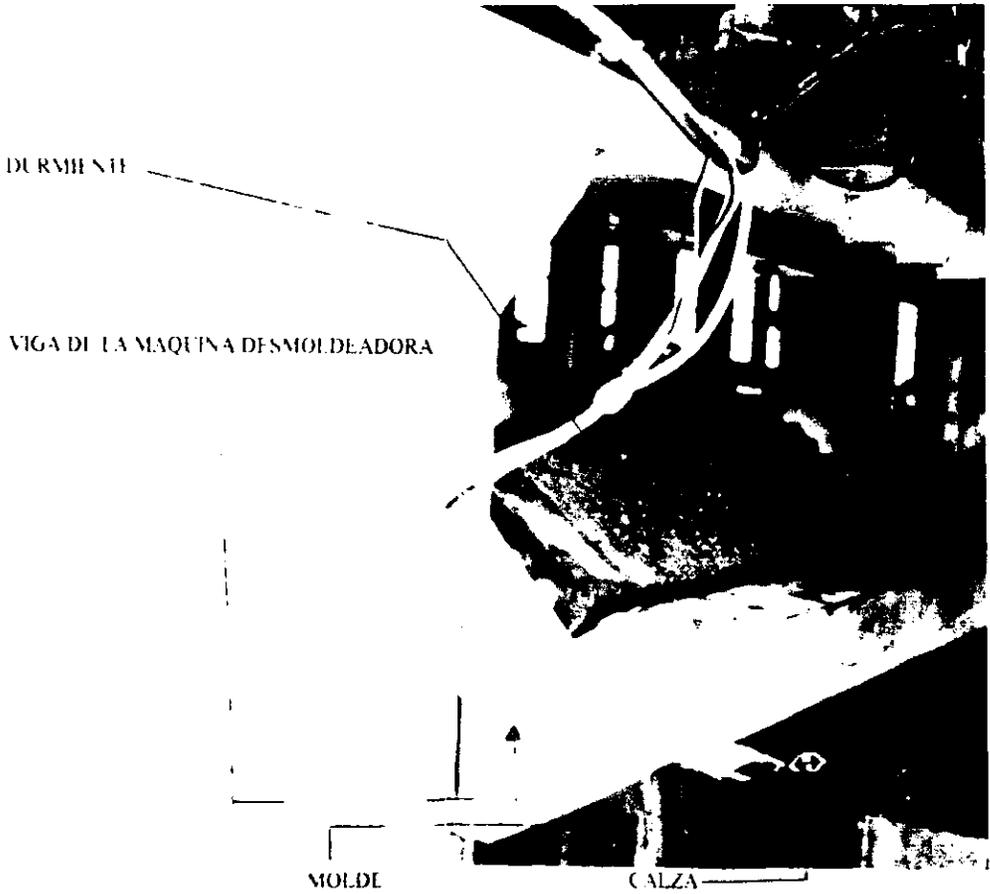


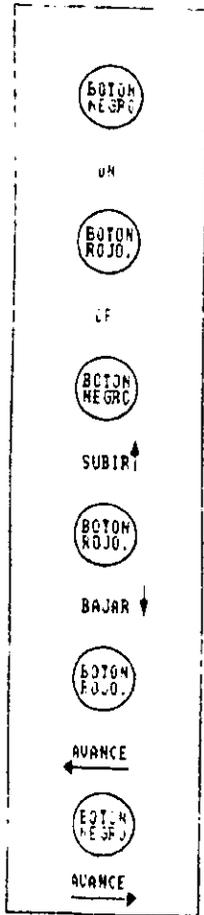
FIGURA VI.3.f.5

DURMIENTE DESMOLDEADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f.- DESMOLDEO.

CONTROLES DE MAQUINA
DE DESMOLDEO.



2

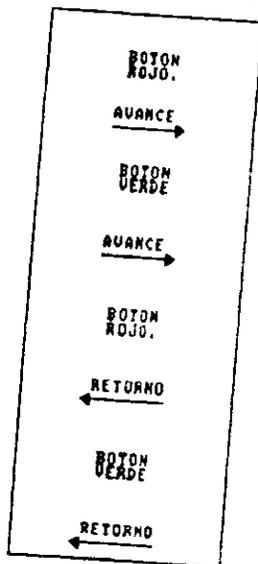
CONTROLES DE MAQUINA DE DESMOLDEO	
DESCRIPCION	FUNCION
0	
CLAVE	
ON	ACTUAR LA MAQUINA DE DESMOLDEO.
OF	DEACTUAR LA MAQUINA DE DESMOLDEO.
SUBIR ↑	SUBIR DURMIENTE AL TALAR DESFOLLEANDO.
BAJAR ↓	BAJAR DURMIENTE PARA COLOCARLO SOBRE LA BANDA METALICA.
← AVANCE	TRANSPORTAR DURMIENTE A LAS BARRAS METALICAS.
→ AVANCE	RETORNAR MAQUINA DE DESMOLDEO HACIA EL MOLDE PARA CONTINUAR EL DESMOLDEO.

FIGURA VI.3.f.6

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO

CONTROL DE TREN DE RODILLOS
HACIA EL AREA DE LIMPIEZA.



3

CONTROL DE TREN DE RODILLOS HACIA EL AREA DE LIMPIEZA	
DESCRIPCION	
0	F 4.1.1.4
CLAVE	
AVANCE →	SACAR MOLDE DE LA MAQUINA DESMOLDEADORA. (1 ^{er} avance)
AVANCE →	SACAR MOLDE DE LA MAQUINA DESMOLDEADORA. (2 ^{do} avance)
RETORNO ←	METER MOLDE HACIA LA MAQUINA DESMOLDEADORA. (1 ^{er} retorno)
RETORNO ←	METER MOLDE HACIA LA MAQUINA DESMOLDEADORA. (2 ^{do} retorno)

FIGURA VI.3.f.7

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO

CONTROL DE TRANSPORTADOR DE BANDA METALICA (SALIDA AL AREA DE GRUAS PARA EL ALMACENAMIENTO)	
DESCRIPCION O CLAVE	FUNCION
← SALIDA	TRANSPORTAR DURMIENTES AL AREA DE GRUAS .
RETORNO →	REGRESAR DURMIENTES AL AREA DE DESMOLDEO .

CONTROL DE TRANSPORTADOR DE BANDA METALICA
(SALIDA AL AREA DE GRUAS PARA EL ALMACENAMIENTO)

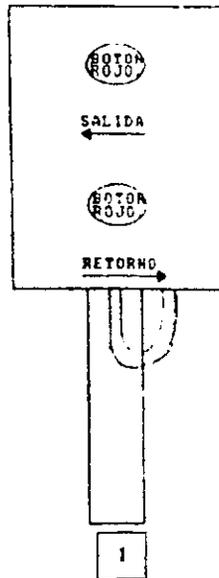
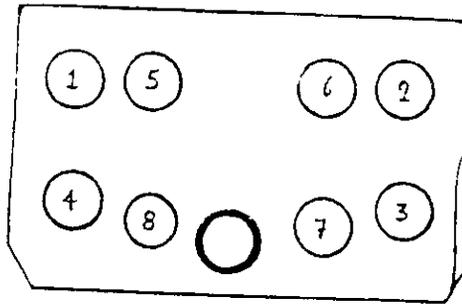


FIGURA VI.3.f.8

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO

EJEMPLO
8 GENERATRICES



DESMOLDEO

TORNILLOS DE PUESTA EN TENSION
PRIORIDAD DE DESMONTAJE

EJEMPLO
10 GENERATRICES

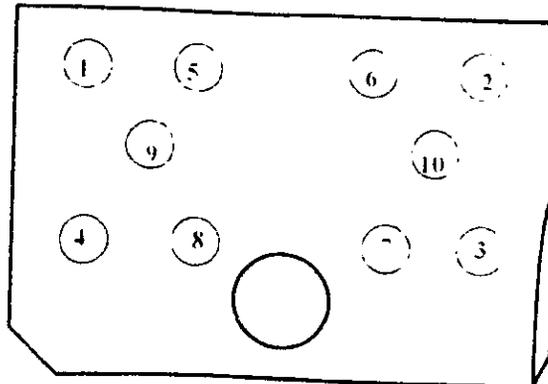


FIGURA VI.3.f.9

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO



PLACAS DE TENSADO

FIGURA VI.3.f.10

TRANSPORTADOR DE PLACAS DE TENSADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.f- DESMOLDEO

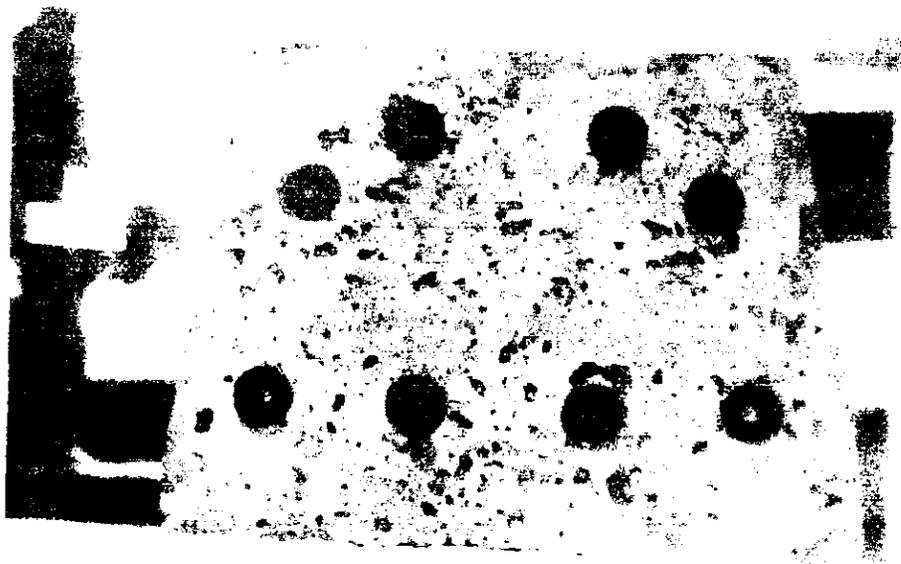


FIGURA VI.3.f.11

EXTREMO DEL DURMIENTE MOSTRANDO LOS ALVEOLOS (HUECOS) DEJADOS POR
LOS TORNILLOS DE TENSADO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g- ALMACENAMIENTO

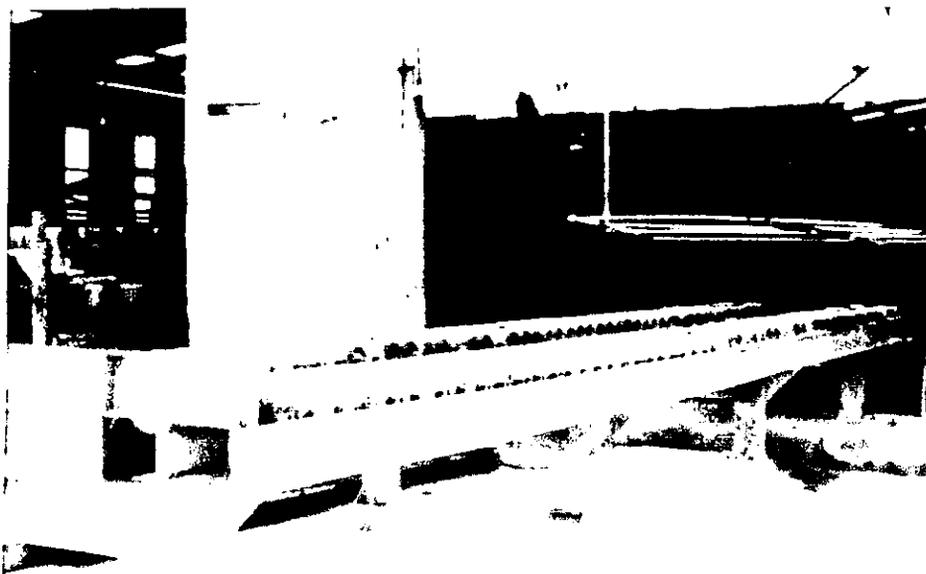


FIGURA VI.3.g.1

MESA DE RODILLOS

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g- ALMACENAMIENTO

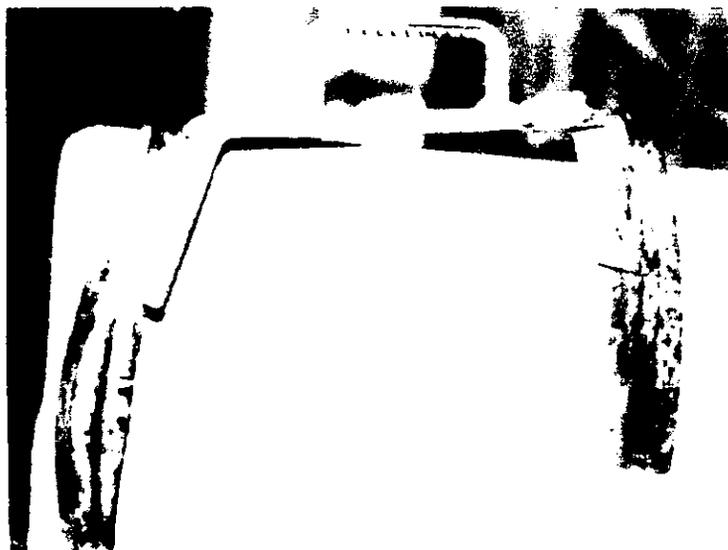


FIGURA VI.3.g.2

SEPARADOR PROTECTOR

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g - ALMACENAMIENTO



FIGURA VI.3.g.3

DISPOSITIVO DE SUJECION DE DURMIENTES PARA SU ALMACENAMIENTO

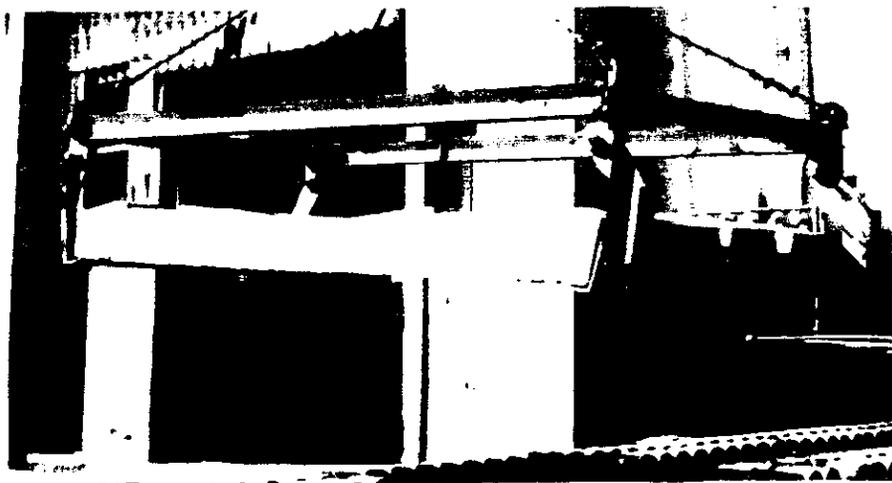


FIGURA VI.3.g.4

ACARREO DE DURMIENTES PARA SU ALMACENAMIENTO.

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g- ALMACENAMIENTO

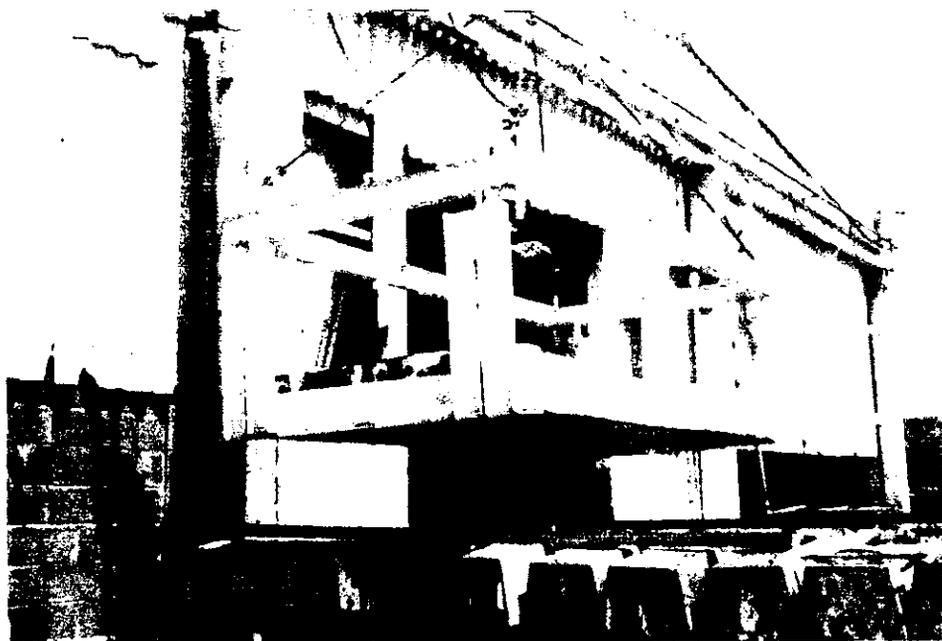


FIGURA VI.3.g-A.1

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g - ALMACENAMIENTO

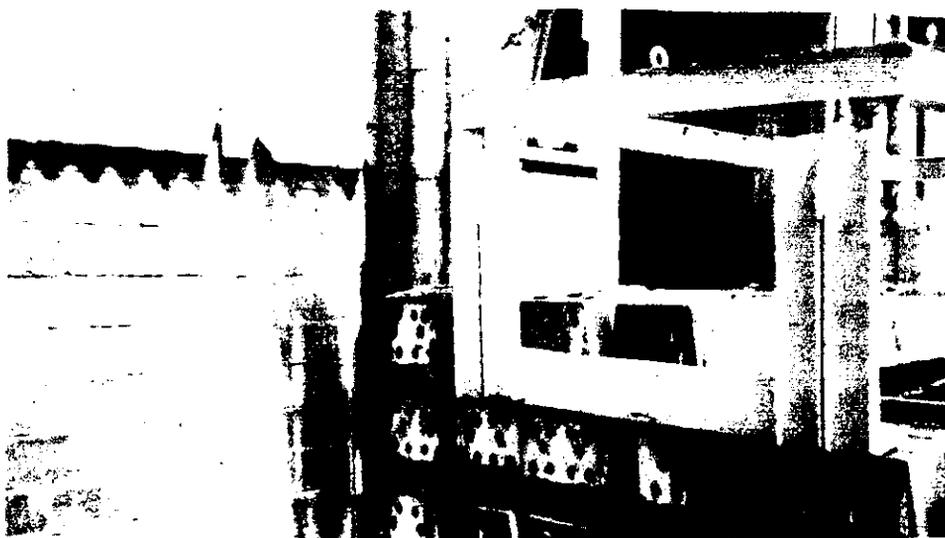


FIGURA VI.3.g-A.2

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI 3.g.- ALMACENAMIENTO.

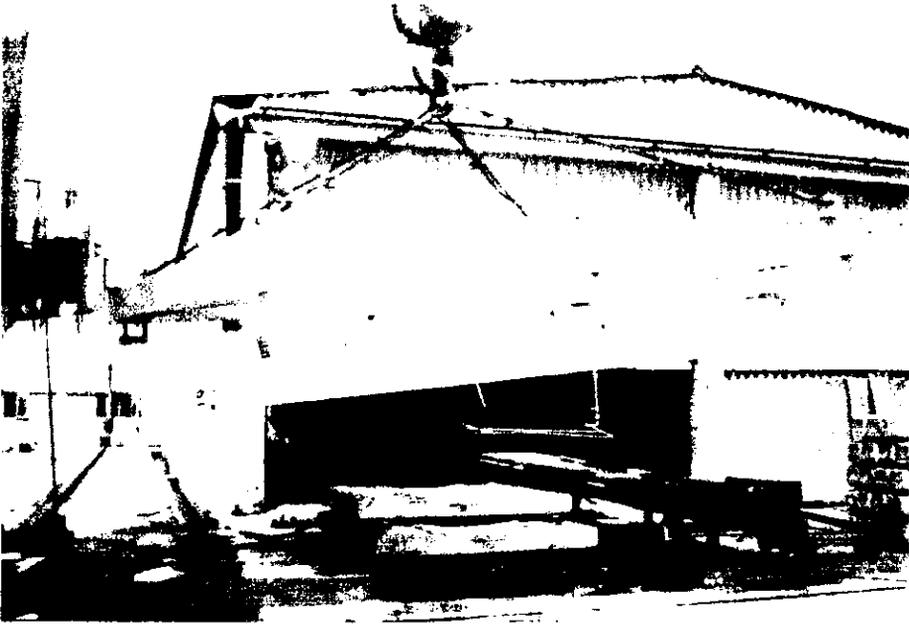


FIGURA VI.3.g-A.3

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g- ALMACENAMIENTO

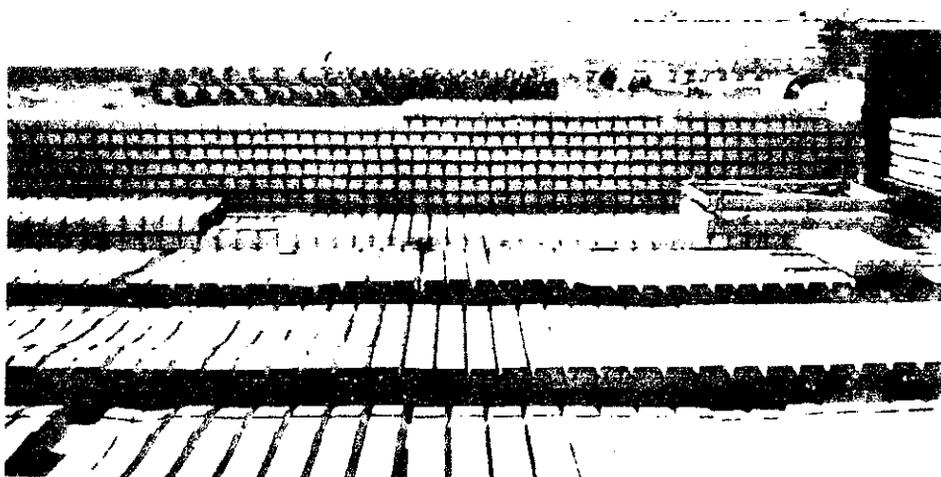


FIGURA VI.3.g-A.4

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g - ALMACENAMIENTO

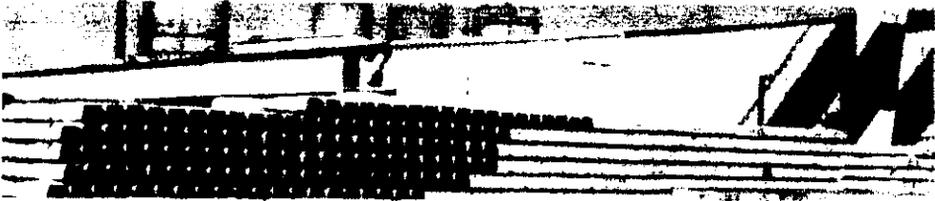


FIGURA VI.3.g.5

PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE DURMIENTES



FIGURA VI.3.g.6

ESTIBAS DE DURMIENTES DENTRO DEL PARQUE DE ALMACENAMIENTO

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.g - ALMACENAMIENTO

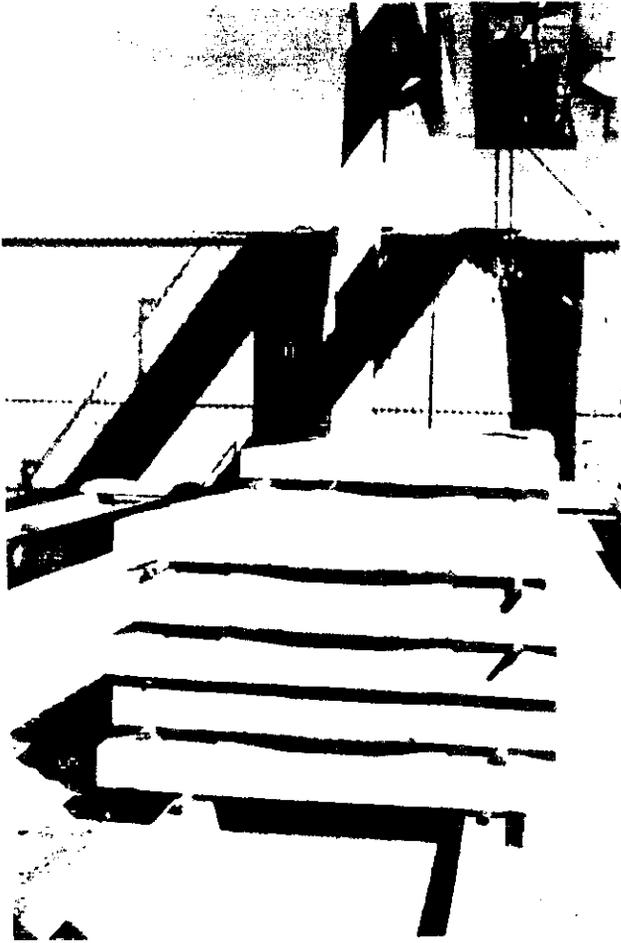


FIGURA VI.3.g.7

COLOCACION DE MADERA EN CADA UNA DE LAS ESTIBAS

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.h.- CURADO DE DURMIENTES EN EL ALMACENAMIENTO.

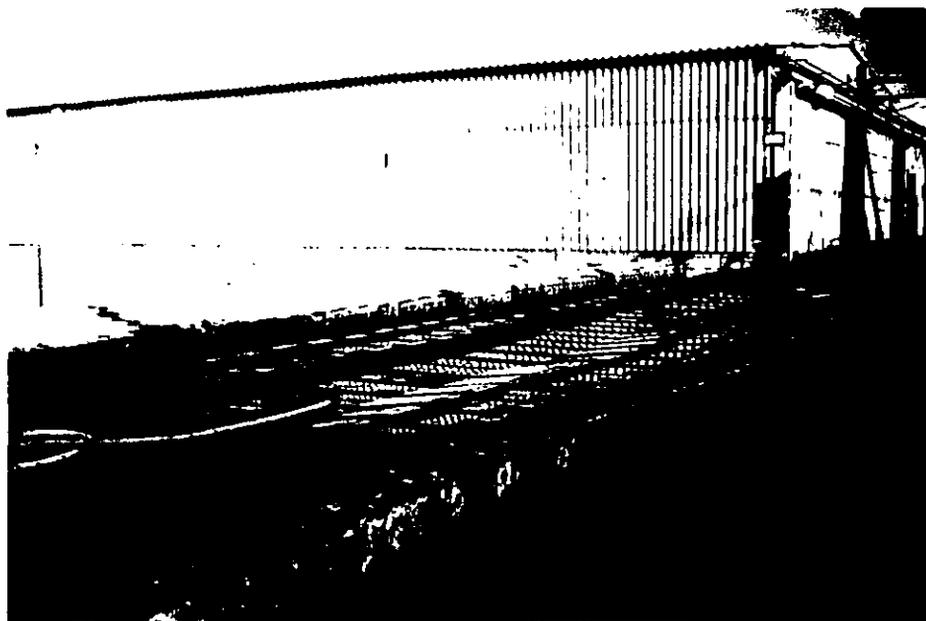


FIGURA VI.3.h.1

COLOCACION DE ASPERSORES PARA AGUA.

FABRICACION EN PLANTA DEL DURMIENTE COMECOP.

VI.3.h - CURADO DE DURMIENTES EN EL ALMACENAMIENTO

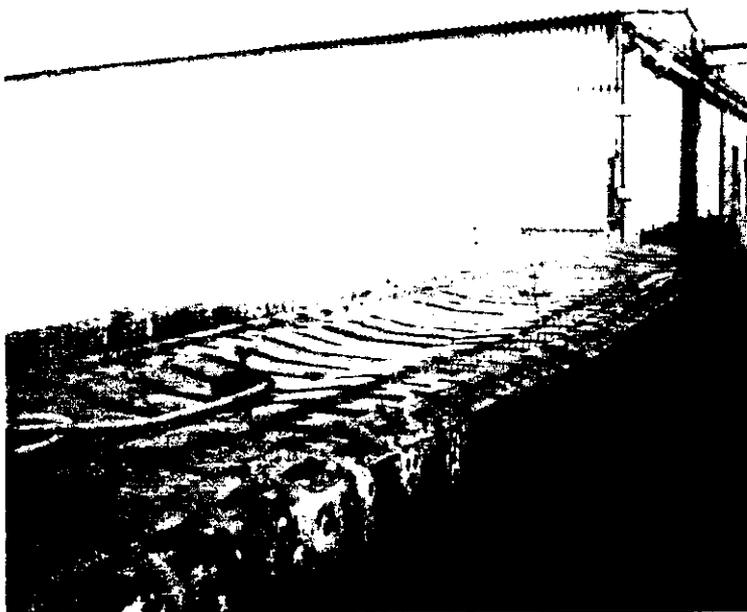


FIGURA VI.3.h.2

RIEGO DE AGUA SOBRE DURMIENTES

CAPITULO VII.- PRUEBAS ESTATICAS Y DINAMICAS EN EL DURMIENTE " COMECOP", APLICANDO NORMAS AREMA

El "Manual For Railway Engineering" de la American Railway Engineering And Maintenance-Of-Way Association (AREMA) en su capitulo 30 sección 12, nos indica el número y tipos de pruebas de laboratorio que se deben de realizar en un durmiente de concreto para aprobar su diseño. Es importante hacer notar que en México no existen normas que regulen el diseño, construcción y pruebas sobre durmientes, y que las especificaciones particulares de cada cliente, realmente son una copia del manual antes citado. A continuación se describe el procedimiento para realizar dichas pruebas:

Para efectos de pruebas físicas de aceptación de los durmientes, de un lote previamente seleccionado, no menor de 10 piezas producidas bajo las mismas condiciones que los durmientes que fabricara en serie el fabricante, se escogen cuatro piezas, las cuales son sometidas a examen para determinar si cumplen con los requisitos especificados en los puntos 12.2 (materiales) y 12.3 (dimensiones, configuración y peso del durmiente), de ser así se toman tres de las cuatro, de las cuales dos son sometidas a las pruebas especificadas en los puntos 12.9.1.4 al 12.9.1.14.

Las pruebas mencionadas en el punto anterior, deberán ser realizadas en el laboratorio del fabricante, el cual deberá contar con todo el equipo y mecanismos apropiados, debidamente calibrados; de no ser así, el comprador determinara el laboratorio en que deban realizarse dichas pruebas, con la intervención de los representantes de ambas partes.

Las dos piezas que serán sometidas a las pruebas son identificadas como durmiente "1" y durmiente "2".

VII.1 SECUENCIA DE PRUEBAS (DURMIENTE "1")

La secuencia de pruebas para el durmiente " 1 " deberá ser como se describe a continuación:

- a. Prueba de carga vertical en el asiento de riel. Se realizara en uno de los asientos de riel que asignaremos asiento " A ".
- b. Prueba de momento de flexión negativo al centro
- c. Prueba de momento de flexión positivo al centro
- d. Prueba de carga vertical en el asiento de riel, se realizara en el otro asiento de riel, que se designara asiento " B ".
- e. Prueba de carga repetitiva, se realizara en el asiento " B "
- f. Desarrollo de adherencia, anclaje de acero y carga ultima, será realizada sobre el asiento " A ".

VII.2 SECUENCIA DE PRUEBAS (DURMIENTE "2")

- a. Prueba de inserto de la fijación.
- b. Prueba de extracción de la fijación.
- c. Prueba de resistencia e impedancia eléctrica

VII.3 PRUEBA DE CARGA VERTICAL EN EL ASIENTO DEL RIEL

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura VII.3.1, se deberá aplicar un incremento a un promedio no mayor de 5 Kips (2.2 Ton) por minuto, hasta obtener la carga (P) requerida para producir un momento negativo igual al especificado. Esta carga deberá mantenerse al menos 3 minutos durante los cuales se realiza una especificación para determinar si ocurre agrietamiento estructural.

De igual forma el durmiente deberá ser apoyado y cargado como se muestra en la figura VII.3.2 para producir un momento positivo en el asiento del riel " A " igual al especificado. se hacen observaciones con un lente de cinco aumentos para localizar las grietas. Si no ocurre el agrietamiento estructural. los requerimientos de cada parte de esta prueba se habrán cumplido.

VII.4 PRUEBA DE CARGA REPETITIVA EN EL ASIENTO DEL RIEL

Siendo la prueba de carga para el momento positivo sobre el asiento del riel "B", la carga deberá ser incrementada en un promedio de al menos 5 Kips (2.2 Ton) por minuto hasta que el durmiente se agriete desde su superficie inferior al nivel más bajo del acero de refuerzo (gneta estructural). Después de remover el asiento del riel la carga estática para producir el agrietamiento y sustituir los apoyos de hule por triplay de 6.35 mm de espesor, el durmiente deberá ser sometido a 3 millones de ciclos de carga repetidas variando en cada ciclo uniformemente de 4 Kips (1.8 Ton) hasta el valor de 1.1 P. La carga repetida no deberá exceder de 600 ciclos por minuto. Si después de la aplicación de los 3 millones de ciclos, el durmiente puede soportar la carga de 1.1 P , los requerimientos de esta prueba han sido cumplidos.

VII.5 PRUEBA DE FLEXION NEGATIVA AL CENTRO DEL DURMIENTE

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura VII.5.1, aplicar un incremento de carga un promedio no mayor a 5 Kips (2.2 Ton) por minuto, hasta llegar a la carga requerida para producir el momento negativo al centro del durmiente especificado.

La carga deberá ser mantenida por no menos de 3 minutos, durante los cuales se llevará a cabo una inspección para determinar si ocurre agrietamiento estructural. Si el agrietamiento no ocurre, el requerimiento de esta prueba habrán sido cumplidos.

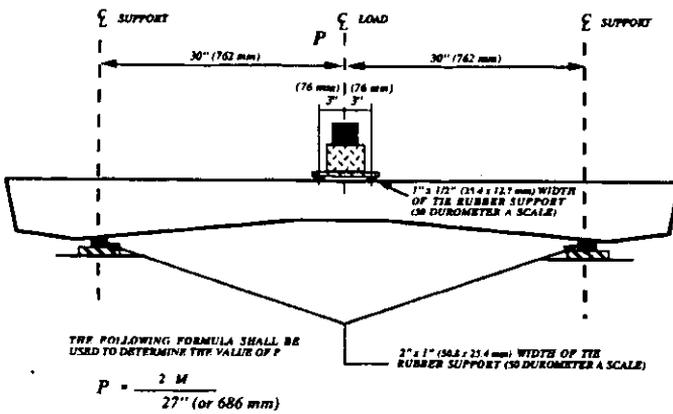


FIGURA VII.5.1 PRUEBA DE MOMENTO NEGATIVO AL CENTRO DEL DURMIENTE

VII.6 PRUEBA DE FLEXION POSITIVA AL SIEN TO DEL RIEL

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura VII.6.1, aplicar un incremento de carga en un promedio no mayor de 5 Kips (2.2 Ton) por minuto, hasta llegar a la carga requerida para producir el momento positivo al centro del durmiente, especificado.

La carga deberá ser mantenida por no menos de 3 minutos, tiempo durante el cual se llevara a cabo una inspección para determinar si ocurre agrietamiento estructural, los requerimientos del esta prueba habrán sido cumplidos.

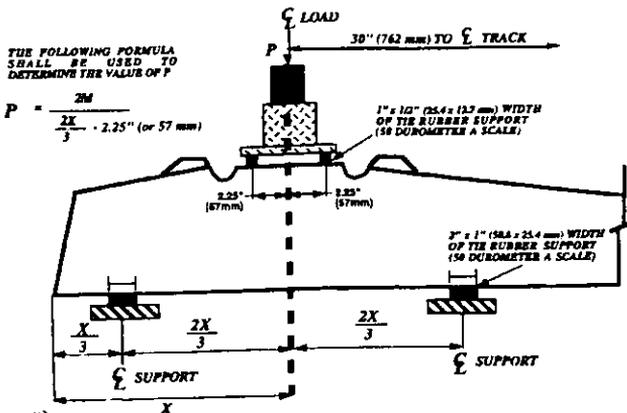


FIGURA VII.6.1 PRUEBA DE MOMENTO POSITIVO AL ASIENTO DE RIEL.

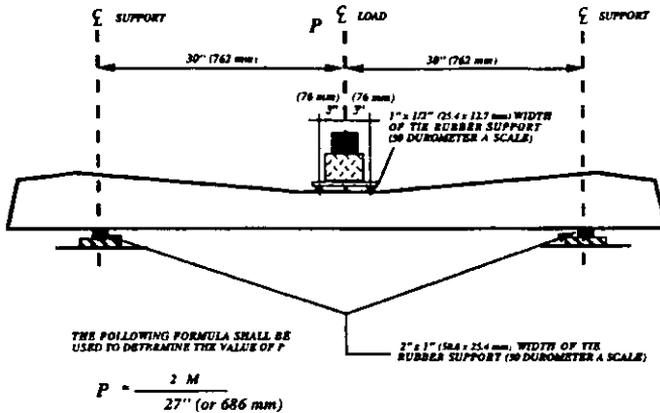


FIGURA VII.6.1 PRUEBA DE MOMENTO POSITIVO AL CENTRO DEL DURMIENTE

VII.7 PRUEBA DE CARGA ULTIMA, DESARROLLO DE ADHERENCIA Y ANCLAJE DEL ACERO

- a. Los durmientes de concreto pretensado deberá n ser probados para desarrollo de adherencia y resistencia ultima de la siguiente forma :
- (1) Con el durmiente apoyado y cargado en el asiento del riel "A" como se muestra en la figura VII.3.2, se deberá aplicar un incremento de carga promedio no mayor de 5 Kips (2.2 Ton) por minuto, hasta alcanzar una carga total de 1.5 P (la carga P se determina de acuerdo a la formula indicada en la figura VII.3.2).
 - (2) Si existe un corrimiento de alambres no mayor que 0.001 inch (0.25 mm) determinado por medio de un extensometro, los requerimientos de esta prueba habrán sido alcanzados. La carga deberá ser incrementada hasta que ocurra la falla total del durmiente, registrándose la lectura de la carga máxima.
- b. Los durmientes de concreto postensado deberán ser probados para anclaje del torón y resistencia ultima como se indica a continuación.

Con el durmiente apoyado y cargado como muestra la figura VII.3.2, se deberá aplicar un incremento de carga promedio no mayor a 5 Kips (2.2 Ton) por minuto hasta alcanzar una carga igual a I.S.P. Si el durmiente puede soportar esta carga por periodo de 5 minutos, los requerimientos de esta prueba habrán sido cumplidos. Las carga deberá ser incrementada hasta que ocurra la falla total del durmiente, registrándose la lectura de la carga máxima.

VII.8 PRUEBA DE INSERTO DE LA FIJACION

Los insertos de la fijación deberán de sujetarse a pruebas de extracción y torque. de la siguiente forma:

- a. La prueba de extracción deberá realizarse en cada inserto, como lo muestra la figura VII.8.1, se deberá aplicar una carga de 12 Kips (5.34 Ton) a cada inserto, en forma separada manteniéndose esa carga por un tiempo no menor a 3 minutos, tiempo durante el cual se realizara una inspección para determinar si existe algún desplazamiento del inserto o alguna grieta en el concreto.

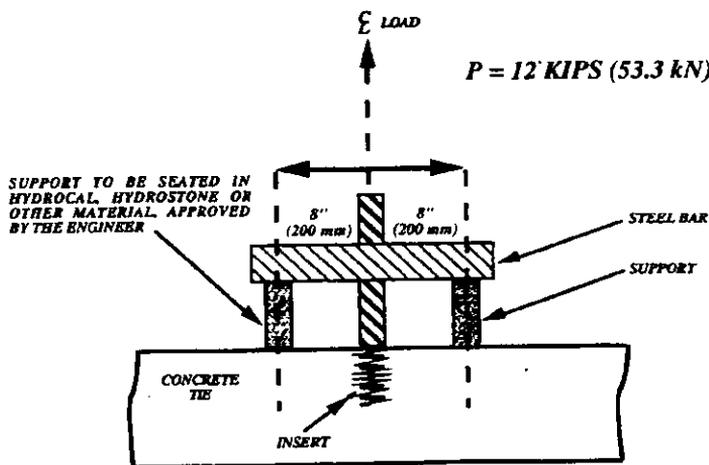


FIGURA VII.8.1 PRUEBA INSERTO DE LA FIJACION

- b. En cada inserto deberá realizarse la prueba de torque. Deberá aplicarse un torque de 250 ft-lb alrededor del eje vertical del inserto. El torque deberá ser mantenido por un tiempo no menor de 3 minutos. La capacidad del inserto para resistir este torque sin dotación, agrietamiento del concreto o de formación permanente implica que los requerimientos de esta prueba han sido cumplidos.

VII.9 RESULTADOS DE PRUEBAS EN DURMIENTES "COMECOP"

De acuerdo con los requerimientos del cliente, el durmiente COMECOP debe de soportar los siguientes momentos flexionantes:

Momento positivo en la sección de apoyo del riel	253.5 Ton - cm
Momento negativo en la sección de apoyo del riel	132.5 Ton - cm
Momento positivo en la sección del centro del durmiente	103.7 Ton - cm
Momento negativo en la sección del centro del durmiente	253.5 Ton - cm

En base a las formulas indicadas en las figuras VII.3.1, VII.3.2, VII.5.1 y VII.5.2 se calculan las cargas a aplicar para cada prueba.

Momento negativo al asiento del riel	P = 9.48 Ton
Momento positivo al asiento del riel	P = 16.98 Ton
Momento positivo al centro del durmiente	P = 3.05 Ton
Momento negativo al centro del durmiente	P = 7.46 Ton
Fijación de inserto	P = 5.45 Ton
Carga máxima	P = 29.72 Ton

En la tabla VII.9.1 se muestra reporte dimensional y de pruebas realizadas al durmiente M-91-1 del lote L del 04 / 04 / 2000.

TABLA VII.9.1 REPORTE DIMENSIONAL Y DE PRUEBAS



COMPANÍA MEXICANA DE CONCRETO PRETENSADO, S.A. DE C.V.
 REPORTE DE DIMENSIONAMIENTO Y ENSAYE DE DURMIENTE
 LABORATORIO DE CONTROL Y PRUEBAS.

FECHA DE FABRICACION <u>20-03-00</u>		FECHA DE PRUEBA <u>04-04-00</u>		LOTE No <u>01</u>	
Nº DE MOLDE Y DURMIENTE <u>M-94-1</u>		EDAD EN DIAS <u>15</u>		DURMIENTE No <u>1</u>	
CONCEPTO				PASA	NO PASA
1 - LONGITUD NOMINAL	2400	+10 -3		2401	
2 - ANCHO INFERIOR	280 ± 5			277	
3 - ANCHO SUPERIOR	208 ± 5			208	
4 - ANCHO ASIENTO DEL RIEL	216 ± 5			215	
5 - ALTURA ASIENTO DEL RIEL	212 ± 5			210	
6 - ALTURA CENTRO DURMIENTE MÍNIMO	186 ± 5			183	
7 - PROFUNDIDAD DE ANCLAJE	131 ± 2			120	
8 - ENTRE EJES DE CUBETAS EXTERIORES	1784 ± 5	-4 -0		1786	
9 - ENTRE EJES DE CUBETAS UNA MISMA CABELLA	274	-2 -0	C 240 COMECOP	274 274	
10 - RADIOS INTERIORES	15	+1 -0.5	C 240 COMECOP	14.9 15.4	
11 - RADIOS EXTERIORES	18	-1 -0.5	C 240 COMECOP	18 18	
12 - ANCHO DEL AGUJERO DE FIJACIÓN	34 ± 2		C 240 COMECOP	33.4 32.8	
13 - PENDIENTE ASIENTO DE RIEL	1/40 ± 4		C 240 COMECOP	1/39 1/42	
14 - ALABEO NO MAYOR A 2 MM EN 15 CM			C 240 COMECOP	0.4 1.05	
15 - ENTRE EJES DE ASIENTO DE RIEL	1511	-4 -0		1511	
16 - ESCANTILLON DE VIA	1435 ± 2			1437	
		MOMENTO NEGATIVO ASIENTO DEL RIEL		CABEZA C-240 20.6	CABEZA COMECOP 21.6
		MOMENTO POSITIVO ASIENTO DEL RIEL		23.6	23.66
		FIJACION DEL INSERTO		CUMPLE	
		CARGA ULTIMA		CARGA MAX CUMPLE	CARGA MAX
OBSERVACIONES GENERALES					
c.c.p					
M + CENTRO 7.78		REALIZO		VERIFICO	
M - CENTRO 8.77					

CAPITULO VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VIII.1 - Conclusiones.

Con la privatización de las líneas férreas nacionales, el mercado ha ido cambiando sus exigencias con respecto a los componentes de la estructura de la vía. El crecimiento de estas líneas conlleva la necesidad de construcción de nuevas vías y sobre todo la renovación (mantenimiento) de las ya existentes.

El durmiente de concreto pretensado "COMECOP" posee grandes cualidades, entre ellas las más importantes son: puede alcanzar una gran resistencia estructural, alta resistencia al intemperismo así como al ataque de organismos animales y vegetales. Además los recursos empleados para fabricarlo son fáciles de conseguir, esto es, que el cemento, grava, arena, acero de presfuerzo y refuerzo pueden ser suministrados por proveedores nacionales. Este elemento es elaborado con materias primas de primera calidad, así como por mano de obra especializada dando como resultado un producto de primera línea.

Durante el desarrollo del presente trabajo se ha demostrado que este elemento es capaz de resistir los esfuerzos resultantes de las cargas a las que va a ser sometido durante su vida útil. El durmiente "COMECOP" se adecua a cualquier requerimiento o especificación, e incluso cumple con los requerimientos enmarcados por estándares internacionales (AREMA) sobrepasando sus lineamientos.

Por todo lo anterior se puede concluir que el durmiente pretensado "COMECOP" es realmente una buena alternativa para la construcción de nuevas vías, así como para el mantenimiento de las vías existentes.

Por último es importante aclarar que para que el durmiente funcione de manera correcta, es necesario contar con una infraestructura de vía adecuada.

VIII.2.- Recomendaciones.

Para un mejor funcionamiento de los durmientes de concreto y la vía en general es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se emplearan aquellos durmientes cuyo diseño haya sido previamente apoyado por la línea. Deben estar previamente curados antes de instalarse en la vía.
- Se deben tomar las precauciones debidas durante el transporte, manejo, colocación y calzado, para evitar despostilladuras y rajaduras del concreto. Aquellos que estén dañados deberán ser removidos y/o repuestos.
- La superficie de asiento del patin del riel, las placas de asiento que se empleen y la superficie de asiento del durmiente deberán estar limpias antes de colocar el riel.

- Los sistemas de sujeción del riel a los durmientes de concreto deberán ser instalados siguiendo las especificaciones del fabricante.
- Debe evitarse en lo máximo colocar durmientes de concreto debajo de las juntas de rieles.
- Durante el tendido de rieles a menos que se indique otra cosa, el escantillon deberá ser de 1435 mm (4'8 - 1/2") medido entre puntos a 16 mm (5/8") por debajo de la superficie de rodamiento del hongo del riel en los cachetes interiores.
- Bajo ninguna circunstancia se harán perforaciones a los rieles con soplete cuando sea necesario hacer perforaciones deberá limpiarse las superficies de rebabas antes de colocar planchuelas.
- El drenaje de la cama o subrasante de la vía es necesario resolverlo definitivamente para la conservación de una buena vía, esto es importante.
- Deberán instalarse donde sea necesario, las obras de amplitud suficiente para el drenaje transversal, alcantarillas, pasos de agua, puentes, etc.
- Deberá suministrarse el balasto suficiente para dar el espesor bajo los durmientes y la sección transversal del proyecto, de la calidad, dureza y granulometría determinada por el ferrocarril.
- Deberán construirse cunetas, zanjas longitudinales a lo largo de la cama de la vía que permitan el libre flujo del agua, para evitar la formación de charcos que afecten la cama de vía, las cunetas deberán examinarse regularmente retirando los obstáculos que interfieran el libre curso del agua.
- El balasto deberá ser distribuido sobre la vía en cantidades adecuadas y regulares para que al dar el levante a la vía se pueda formar la sección transversal con los volúmenes previstos, sin exceso ni defecto, cuidando no destruir las estacas de niveles.
- El balasto se conformará a la sección especificada, regulando sus volúmenes, retirando y recuperando el material sobrante de manera que los planos de los hombros formen las aristas de la sección transversal bien definida.
- Dado que las cargas dinámicas van triturando y acomodando las partículas de balasto; se reduce su volumen debajo del durmiente y se producen golpes de línea y de nivel. Es necesario completar periódicamente la dotación reglamentaria, distribuyendo volúmenes adecuados por medio de tolvas de descarga. El objeto de esto es restituir el volumen de balasto, para que el durmiente siempre se encuentre perfectamente apoyado sobre él.
- La contaminación del balasto ya sea por partículas arcillosas o finas provenientes del exterior, o de la misma trituración del material, producen zonas impermeables que "aguachinan" la vía y es necesario drenarlas, extraer las partículas finas, descontaminar el balasto y sustituirlo por limpio, nivelar, alinear y calzar de nuevo los durmientes.
- Para evitar que la vía se desnivele y desalinie y no caer en la necesidad de rehabilitar el tramo, se sustituye un durmiente de cada tres malos cuando están juntos, dos durmientes de cada cinco y cuatro de cada diez, para que los que permanezcan en la vía y no se hayan removido mantengan la vía en posición adecuada sin alterar la sujeción que tenía previamente, por eso no

es recomendable sustituir tramos largos de durmientes, porque como se supone que ya estaba calzado, se van cambiando los durmientes dos si y dos no, o sea saltados con el fin de que los que quedan sigan manteniendo la posición de la vía.

- Para que la terracería funcione normalmente, es necesario que la estructura de los terraplenes básicamente conserve su sección de proyecto haciendo recargues de material donde sea necesario: en los cortes se procede a limpiar los derrumbes que en la época de lluvias son frecuentes, se reconstruyen muros de retención, etc.
- Debemos eliminar toda clase de arbustos y hierbas que invadan la sección del gálibo con el fin de que no constituyan un obstáculo que obstruya el paso del ferrocarril. La cama de la vía debe estar deshierbada principalmente para favorecer la visibilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. "MANUAL FOR RAILWAY ENGINEERING VOL. I Y II"
AMERICAN RAILWAY ENGINEERING ASSOCIATION (AREA) 1994.
2. "MANUAL FOR RAILWAY ENGINEERING VOL. I, II, III Y IV"
AMERICAN RAILWAY ENGINEERING AND MAINTENANCE-OF-WAY ASSOCIATION
(AREMA) 2000.
3. "INTRODUCCION AL CONCRETO PRESFORZADO"
A.H. ALLEN
IMCYC, A.C.
4. "CONCRETE RAILWAY SLEEPERS"
FIP COMMISSION ON PREFABRICATION WORKING GROUP ON CONCRETE SLEEPERS.
5. "TRANSPORTATION RESEARCH RECORD (TRACK SYSTEMS AND RELATED
TOPICS)"
AMIR N. HANNA
PORTLAND CEMENT ASSOCIATION
6. "STATE - OF - THE ART REPORT ON PRESTRESSED CONCRETE TIES FOR NORTH
AMERICAN RAILROADS"
AMIR N. HANNA
PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.
7. "RAILWAY TRACK RESEARCH THEORETICAL AND EXPERIMENTAL"
AMIR N. HANNA
PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.
8. "MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES"
P. ESTANSLAO SANTANDER PASTEN
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA FACULTAD DE INGENIERIA
9. "HORMIGON ARMADO Y HORMIGON PRETENSADO TOMO I Y II"
RÜSCH / JUNGWIRTH
EDITORIAL C.E.C..S.A.
10. "PRECAST CONCRETE RAILWAY SLEEPERS"
SYMPOSIUM INTERNACIONAL
COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.