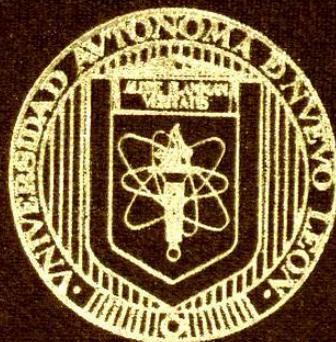


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



EVALUACION ESTRUCTURAL Y ECONOMICA DE
VIGAS TIPO "AASHTO" PARA PUENTES
CARRETEROS

POR

ANA MARGARITA GAYTAN JASSO

Como requisito parcial para obtener el Grado de:
MAESTRIA EN CIENCIAS con especialidad en
Ingeniería Estructural

Julio de 1999

TM

TG414

G3-

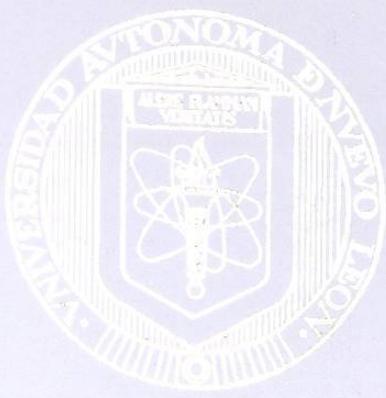
c.1



1080089077

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA DE VIGAS TIPO "AASHTO" PARA PUENTES CARRETEROS

POR :

ANA MARGARITA GAYTÁN JASSO

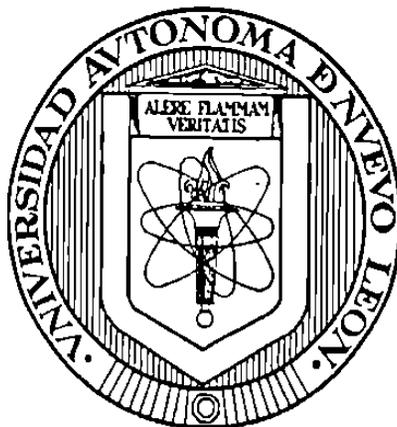
Como requisito parcial para obtener el Grado de :
MAESTRÍA EN CIENCIAS con especialidad en
Ingeniería Estructural

Julio de 1999



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA DE VIGAS TIPO
“AASHTO” PARA PUENTES CARRETEROS**

POR :

ANA MARGARITA GAYTÁN JASSO

Como requisito parcial para obtener el Grado de :

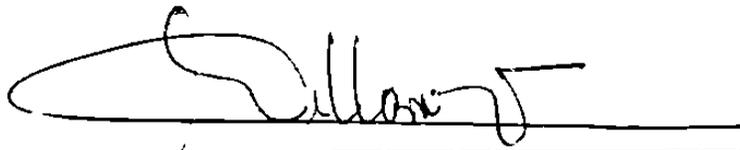
MAESTRÍA EN CIENCIAS con especialidad en

Ingeniería Estructural

Julio de 1999

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA DE VIGAS TIPO
"AASHTO" PARA PUENTES CARRETEROS.**

Aprobación de la Tesis :



Asesor de la Tesis

Dr. Guillermo Villarreal Garza

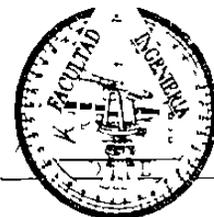


Secretario de la División de Estudios de Posgrado

Dr. Ricardo González Alcorta



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: ANA MARGARITA GAYTÁN JASSO

Tema de la tesis: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA DE VIGAS TIPO "AASHTO", PARA PUENTES CARRETEROS

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(ninguna)

Nombre y firma de quien corrigió:

Arg. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:

Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 7 de julio de 1999.

Monterrey . N.L. a 04 Junio de 1999

**DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
PRESENTE**

Estimado Dr. González :

Por este conducto me permito comunicarle a Usted, que la Ing. Ana Margarita Gaytan Jasso, pasante de la Maestría en Ciencias, con Especialidad en Ingeniería Estructural, ha concluido con su trabajo de tesis titulado: **EVALUACION ESTRUCTURAL Y ECONOMICA DE VIGAS TIPO "AASHTO", PARA PUENTES CARRETEROS** , por lo que no hay inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución, he de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para que le de tramite correspondientes en ese departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento , quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención.

Atentamente



Dr. Guillermo Villarreal Garza
Asesor de Tesis

Monterrey , N.L. a de 29 de Junio de 1999

**DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
PRESENTE**

Estimado Dr. González

Por medio de la siguiente y de la manera mas atenta me dirijo a Usted , para solicitar la tramitación correspondiente, para sustentar mi exámen de grado de Maestría en Ciencias, con Especialidad en Ingeniería Estructural, con la presentación del trabajo de tesis titulado: **EVALUACION ESTRUCTURAL Y ECONOMICA DE VIGAS TIPO "AASHTO" , PARA PUENTES CARRETEROS.** Lo anterior de acuerdo al reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución.

Sin mas por el momento , quedo de usted y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial y atento saludo.

Atentamente

Ing. Ana Margarita Gaytan Jasso
Tesisista

RESUMEN

Ana Margarita Gaytán Jasso

Fecha de obtención del grado : Julio de 1999

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Civil

Título del estudio : Evaluación estructural y económica de vigas tipo "AASHTO " para puentes carreteros.

Área de estudio : Ingeniería Estructural .

Propósito y método de estudio :

En la actualidad los puentes carreteros construidos de concreto presforzado se estructuran generalmente con vigas tipo "AASHTO"; pero aún no se ha determinado cuándo utilizar un sistema pretensado o un sistema postensado en estas vigas , ya que no está determinada la longitud óptima de cada sistema , desde el punto de vista económico .

En el presente trabajo se investiga acerca del comportamiento estructural de las vigas tipo "AASHTO " , de un puente carretero , con longitudes comprendidas entre los 15 y los 35 m. , las cuales son las más comunes en estos tipos de puentes. Comparando ambos sistemas, se determinará la longitud económicamente óptima para la selección del tipo de sistema de presfuerzo .

DEDICATORIA

Dedico especialmente este trabajo :

A Don Luis Gaytán Carrillo y a doña Margarita Jasso de Gaytán , mis amados padres

A José Luis, Alvaro , Rosendo , Petra . Raquel , Ma. de Jesús y Alicia Gaytán Jasso , mis queridos hermanos .

A mis maestros , quienes con paciencia y dedicación me enseñaron cuanto sé , muy especialmente al Dr. Guillermo Villarreal Garza y al M.C. Anastacio Vázquez Vázquez

A Martín Cantú Díaz por su incondicional apoyo , sin el cual este trabajo no hubiera sido posible .

A mis amigos y compañeros por su apoyo continuo , en memoria de la Srita. Ing. Adriana Rodríguez Moreno.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo	Página
Prólogo	1
1. Introducción	2
2. Objetivo	4
3. Consideraciones básicas	5
3.1. Consideraciones estructurales	5
3.1.1. Consideraciones generales	5
3.1.2. Manuales y códigos para el análisis y diseño de las vigas	5
3.1.3. Boletines de la SCT	6
3.1.4. Propiedades geométricas de las vigas tipo “AASHTO “ para puentes	6
3.1.5. Propiedades geométricas de los puentes en estudio	6
3.1.6. Clasificación de las vigas	6
3.1.7. Trayectoria de cables de presfuerzo para las vigas pretensadas	6
3.1.8. Trayectoria de cables de presfuerzo para las vigas postensadas	6
3.1.9. Acero de presfuerzo	6
3.1.10. Acero de refuerzo de grado 42	7
3.1.11. Concretos	7
3.2. Consideraciones económicas	7
3.3. Exclusiones del presente estudio	7
4. Evaluación de cargas	8
5. Análisis y diseño de losa de tráfico	9
5.1. Evaluación de cargas	9
5.2. Modelo de análisis	9
5.3. Cálculo de los momentos debidos a la carga muerta	9
5.4. Cálculo de los momentos debidos a las cargas vivas	10
5.5. Cálculo del factor de impacto	11
5.6. Cálculo del momento debido al impacto	11

5.7.	Obtención del momento último	11
5.8.	Cálculo del acero de refuerzo por flexión	11
5.9.	Cálculo de la separación del acero de refuerzo por flexión	11
5.10.	Revisión de deflexiones	12
5.11.	Revisión del cortante	12
5.12.	Cálculo del acero transversal	12
5.13.	Separación del acero transversal	12
5.14.	Resumen del cálculo de la losa de tráfico	12
6.	Análisis y diseño de las vigas	13
6.1.	Evaluación de cargas	15
6.2.	Cálculo del momento debido a las cargas muertas	15
6.3.	Cálculo del momento debido a las cargas vivas	15
6.4.	Cálculo del factor de impacto	15
6.5.	Cálculo del momento de impacto	16
6.6.	Cálculo del momento total en servicio	16
6.7.	Desglose de los momentos actuantes en la viga	16
6.8.	Determinación de las propiedades de la viga	16
6.9.	Cálculo de las pérdidas	16
6.10.	Cálculo de la fuerza efectiva de pretensado	17
6.11.	Obtención de los esfuerzos permisibles	18
6.12.	Cálculo de los esfuerzos actuantes en la viga	18
6.13.	Cálculo del momento último	21
6.14.	Cálculo del momento de agrietamiento	22
6.15.	Cálculo del momento resistente de la viga	22
6.16.	Cálculo de la deflexión	23
6.17.	Cálculo del cortante por flexión	25
6.18.	Cálculo del cortante horizontal	26
7.	Estudio comparativo económico entre vigas pretensadas y postensadas	28
8.	Estudio comparativo estructural de los sistemas de pretensado	35
9.	Conclusiones y recomendaciones	37
10.	Bibliografía	39

ANEXOS

- Anexo I Datos geométricos y dimensiones de los puentes
- Anexo II Datos de cargas proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Anexo III Propiedades geométricas de las vigas tipo "AASHTO".
- Anexo IV Ubicación del centro de gravedad del acero de presfuerzo , en las vigas tipo "AASHTO".
- Anexo V Diagramas de las envolventes de momentos flexionantes y cortantes actuantes en las vigas tipo "AASHTO" , debidos a las cargas móviles
- Anexo VI Acero de refuerzo por conante , en las vigas tipo "AASHTO"
- Anexo VII Catálogos de conceptos y costos de las vigas pretensadas y postensadas

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.a.	Perdidas de presfuerzo para estructuras pretensadas	17
1.b.	Pérdidas de presfuerzo para estructuras postensadas	17
2.a.	Fuerza efectiva de las estructuras pretensadas	17
2.b.	Fuerza efectiva de las estructuras postensadas	17
3.a.	Esfuerzos actuantes en las estructuras pretensadas A1 a A6	20
3.b.	Esfuerzos actuantes en las estructuras postensadas B1 a B6	21
4.a.	Resumen de resultados obtenidos de M_t , ϕM_n y M_{cr} para las vigas pretensadas	23
4.b.	Resumen de resultados obtenidos de M_t , ϕM_n y M_{cr} para las vigas postensadas	23
5.a.	Deflexiones a largo plazo en las vigas pretensadas A1 a A6	24
5.b.	Deflexiones a largo plazo en las vigas postensadas B1 a B6	24
6.	Resumen de los costos de las vigas pretensadas y postensadas	29

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distancia libre entre las vigas del puente	10
2	Viga pretensada con cables arpeados al centro del claro	13
3	Viga postensada con cable parabólico	14
4	Estudio comparativo de momentos flexionantes, camión T3-S2-R4 vs HS-20 .	30
5	Estudio comparativo de cortante por flexión , camión T3-S2-R4 vs HS-20 .	31
6	Estudio comparativo de kg de presfuerzo	32
7	Estudio comparativo de kg de presfuerzo / m ³ de concreto	33
8	Estudio comparativo del costo total por viga , en ambos sistemas	34

TABLA DE SIMBOLOS , ABREVIATURAS Y SIGLAS

AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	= American Concrete Institute
AREA	= American Railway Engineering Association
A_s	= área de acero de refuerzo
A_s^*	= área del acero de presfuerzo (sección 9.17 AASHTO)
A_{st}	= área de acero requerida para desarrollar la resistencia a la compresión de las porciones del patín que sobresalen del alma (sección 9.17 AASHTO)
A_{sr}	= área de acero requerida para desarrollar la resistencia a la compresión del alma de una sección con patines (sección 9.17 y sección 9.19 AASHTO)
A_v	= área del estribo usado como refuerzo por cortante
b	= ancho de la sección
b_v	= ancho del patín superior de la viga tipo AASHTO , que estará en contacto con la superficie investigada a cortante horizontal
b'	= ancho del alma de un miembro con patines
c_1	= distancia de la fibra inferior más alejada al centro de gravedad de la sección
c_1^*	= distancia de la fibra inferior más alejada al centro de gravedad de la sección compuesta
d	= distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del acero de presfuerzo
D	= momento debido a carga muerta (sección 3.22. AASHTO)
e	= excentricidad del centro de gravedad del acero de presfuerzo con respecto al centro de gravedad de la sección
f_{mi}	= esfuerzo que se presenta en la fibra inferior
f'_c	= resistencia a la compresión del concreto a los 28 días
f_d	= esfuerzo debido a la carga muerta sin factorizar, en la fibra extrema de la sección donde el esfuerzo de tensión es causado por cargas aplicadas externamente (sección 9.20 AASHTO)
f_{pc}	= esfuerzo a la compresión en el concreto (después de que hayan ocurrido todas las pérdidas) en el centroide de la sección transversal resistente a

las cargas aplicadas externamente o en la unión del alma y los patines cuando el centroide cae dentro del patín (en un miembro compuesto, f_{pc} es el esfuerzo de compresión resultante en el centroide de la sección compuesta, o en la unión del alma y patín cuando el centroide cae dentro del patín, debido a ambos presfuerzo y momentos resistidos por el miembro prefabricado actuando solo) , sección 9.20 AASHTO.

f_{pc}	= esfuerzo a la compresión en el concreto debido a la fuerza efectiva de presfuerzo solamente (después de ocurridas todas las pérdidas del presfuerzo) en la fibra extrema de la sección donde los esfuerzos de tensión son causados por cargas aplicadas externamente (sección 9.20 AASHTO)
f'_s	= resistencia última del acero de presfuerzo (sección 9.17 AASHTO)
f^*_{su}	= esfuerzo promedio en el acero de presfuerzo en cargas últimas (sección 9.17 AASHTO)
f_{sy}	= resistencia a la fluencia del refuerzo convencional no presforzado en tensión (sección 9.19. y sección 9.20. AASHTO)
f_y	= resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
F	= fuerza debida al presfuerzo
h	= peralte de la sección considerada
HS - 20	= camión de diseño de acuerdo a AASHTO (ver Anexo II)
I	= momento debido a la carga de impacto (sección 3.22 AASHTO)
I	= coeficiente de impacto (sección 3.8.2 AASHTO)
I	= inercia de la sección
I^*	= inercia de la sección compuesta
K	= coeficiente de fricción debido a la curvatura , por pie de acero de presfuerzo
L	= momento debido a carga viva (sección 3.22. AASHTO)
M	= momento en la sección considerada
M_D	= momento debido a la carga muerta
M_l	= momento debido a la carga viva
M_I	= momento debido a la carga de impacto
M_{cr}	= momento de agrietamiento de la sección considerada
$M_{m\acute{a}x}$	= momento máximo factorizado en la sección debido a las fuerzas externa-

	mente aplicadas (sección 9.20 AASHTO)
M_n	= resistencia nominal a momento de la sección considerada
P^*	= A_s^* / bd , relación del acero de presfuerzo (sección 9.17 y sección 9.19 AASHTO)
P_{20}	= 16,000 libras para el camión HS-20
s	= espaciamiento longitudinal del refuerzo del alma (sección 9.20 AASHTO)
S	= claro de diseño (sección 3.24.10.2 AASHTO)
SCT	= Secretaría de Comunicaciones y Transportes
t	= espesor promedio del patín de un miembro con patines (sección 9.17 y 9.18. AASHTO)
T_0	= esfuerzo del acero en el extremo del anclaje activo (sección 9.16 AASHTO)
T_x	= esfuerzo del acero en cualquier punto "x" (sección 9.16 AASHTO)
T3 - S2 -R4	= camión de diseño, de acuerdo a SCT (ver Anexo II)
V_c	= resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto (sección 9.20 AASHTO)
V_{ci}	= cortante proporcionado por el concreto cuando el agrietamiento diagonal es resultado de la combinación de cortante y momento .
V_{cw}	= cortante proporcionado por el concreto cuando el agrietamiento diagonal es resultado de excesivos esfuerzos de tensión principal en el alma .
V_d	= cortante debido a las cargas muertas sin factorizar
V_l	= cortante máximo debido a cargas factorizadas en la sección "x" en estudio
V_{nh}	= cortante horizontal proporcionado por la sección (sección 9.20. AASHTO)
V_u	= cortante máximo debido a las fuerzas factorizadas
V_p	= componente vertical de la fuerza efectiva de presfuerzo en la sección (sección 9.20 AASHTO)
V_s	= fuerza cortante nominal provista por el acero de refuerzo por cortante
W_D	= carga muerta
W_L	= carga viva
W_I	= carga de impacto
Y_t	= distancia del eje centroidal de la sección gruesa, ignorando el refuerzo, a la

fibra extrema en tensión (sección 9.20 AASHTO)

- α = ángulo que se forma por el perfil de los tendones , medido del extremo del anclaje activo al punto "x" donde se requiera calcular la pérdida por fricción (sección 9.16 AASHTO)
- β_1 = factor de resistencia del concreto (sección 9.17 y sección 9.19 AASHTO)
- β_D = factor de cargas muertas (ver AASHTO tabla 3.22.1A)
- β_L = factor de cargas vivas e impacto (ver AASHTO tabla 3.22.1A)
- γ = factor de carga (ver AASHTO tabla 3.22.1A)
- γ^* = factor que depende del acero de presfuerzo (sección 9.17 AASHTO)
- ϕ = factor de reducción de resistencia (sección 8.16.1.2 AASHTO)
- μ = coeficiente de fricción por curvatura (sección 9.16 AASHTO)

PROLOGO

Los puentes son la más pura expresión del arte y la ciencia de la ingeniería estructural , por lo que el ingeniero debe ser cuidadoso al considerar el impacto del puente dentro del entorno ambiental del sitio donde estará ubicado. El puente de concreto presforzado es económico en el costo inicial y en el mantenimiento durante su vida útil, además de ser funcional y estéticamente placentero.

Debido a que los puentes de concreto presforzado pueden ser económicos, durables y elegantes, son considerados los de mayor demanda dentro de la ingeniería de puentes. Adicionalmente, con este tipo de puentes se pueden salvar claros mayores , utilizando peraltes menores en las vigas . Aproximadamente , el 50 % de los puentes actualmente en construcción son de concreto presforzado. En Norteamérica se han construido aproximadamente 600,000 puentes de concreto presforzado.

Los tipos de sistemas de concreto presforzado utilizados en estos puentes son : el sistema pretensado y el sistema postensado, durante la etapa de diseño de los puentes , el ingeniero necesita evaluar el aspecto económico de ambos sistemas para la construcción de los puentes y escoger el más adecuado , de acuerdo con las condiciones de cada puente.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

El concreto presforzado es considerado como uno de los mejores materiales estructurales de los últimos años, una alternativa particularmente ventajosa para los puentes carreteros. La construcción de puentes de concreto presforzado no existía en América antes de 1950; veinte años después, se destacó un importante crecimiento en el uso del concreto presforzado, pero fue hasta 1980 cuando se desarrolló una eficiente producción en masa de los elementos de concreto presforzado.

Por lo anterior, miles de puentes de concreto presforzado han sido construidos en América y muchos más están en construcción; varían en el tamaño de los claros; de pequeños algunos; hasta los más grandes claros en el mundo. El diseño de los puentes de concreto presforzado está basado en las especificaciones de la AASHTO y la AREA.

Los puentes de concreto presforzado han sido ampliamente aceptados debido a:

- 1.- **Factores económicos** : bajo costo inicial, bajo mantenimiento, rápida y fácil construcción, mínima interrupción del tráfico.
- 2.- **Factores de ingeniería** : diseño simple, relación claro/peralte mínimo, alta durabilidad, alta resistencia al fuego y excelentes características para transitar.
- 3.- **Factores estéticos** : los puentes de concreto presforzado pueden ser diseñados para adoptar formas y figuras que pueden ser muy atractivas desde el punto de vista estético.

Adicionalmente, en la construcción de los puentes carreteros de concreto presforzado, se presentan las siguientes ventajas:

- Construcción del puente posible durante todas las épocas del año
- Posibilidad de ser manufacturado localmente
- Mayor rapidez para entrar en uso; mejor que los puentes de otro material
- Combinando eficientemente acero de muy alta resistencia con concreto de alta resistencia, se producirán componentes estructurales de calidad a bajo costo.

Los diseñadores han experimentado la interrogante de cuándo utilizar los sistemas pretensado y postensado , para el diseño de los puentes carreteros de concreto presforzado. Ya que los fabricantes y los constructores de puentes de concreto presforzado establecen que para claros cortos es más económico y funcional , estructuralmente , el sistema pretensado, mientras que para los claros grandes es mas económico y funcional , estructuralmente , el sistema postensado.

Por tanto este trabajo concluirá sobre cuál sistema de presfuerzo es conveniente utilizar, basado en la solución económica y estructural óptima, comparando ambos sistemas de presfuerzo , en condiciones similares.

CAPITULO 2

OBJETIVO

Evaluar estructural y económicamente las vigas tipo AASHTO, de concreto presforzado, para un puente carretero, con la finalidad de formular una guía técnica acerca de la selección del tipo de sistema de presfuerzo a utilizar.

CAPITULO 3

CONSIDERACIONES BÁSICAS

En esta investigación se tienen clasificadas, de la siguiente manera, las consideraciones básicas para poder comparar las vigas tipo AASHTO :

- 3.1.- Consideraciones Estructurales
- 3.2.- Consideraciones Económicas

3.1.- Consideraciones Estructurales. Este apartado se trata sobre las consideraciones estructurales que se tomaron en cuenta para la elaboración de este estudio, mencionando los datos más importantes : las condiciones de carga, los criterios de diseño empleados, los materiales a utilizar , así como los reglamentos y códigos a cumplir.

3.1.1.- Consideraciones generales. Para el análisis y diseño de las vigas de puente, se unificaron algunas consideraciones :

- La losa del puente. Se considera una losa de peralte de 18 cm. para todos los claros de puente , en ambos sistemas de presfuerzo.
- La separación entre vigas. La separación entre vigas es constante y tiene el mismo valor para todos los puentes.
- Las cargas. Se consideran las siguientes cargas : muerta, sobrecargas y viva , y se consideraron iguales en todas las vigas de puente, excepto los pesos propios de las vigas . No se tomaron en cuenta las cargas producidas por : sismo, viento, nieve y fuerzas centrifugas.
- Todos los puentes se consideraron rectos y de un sólo claro.
- Las vigas tipo AASHTO son simplemente apoyadas.
- Se consideraron puentes de dos carriles de 3.15 m. cada uno, su geometría aparece en el Anexo I.

Lo anterior fue con la finalidad de disminuir las variables que se puedan presentar durante el análisis y diseño de las vigas de puente.

3.1.2.- Manuales y códigos para el análisis y diseño de las vigas. Para llevar a cabo el análisis y el diseño de los puentes de concreto presforzado, se deberán utilizar las consideraciones establecidas en el Reglamento de Construcción de Concreto Reforzado (ACI 318-95) , y en el Manual de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1991) .

3.1.3.- Boletines de la SCT. Las especificaciones estipuladas en los boletines , que son enviados a los ingenieros diseñadores de puentes, por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) . Ver Anexo II

3.1.4.- Propiedades geométricas de las vigas tipo AASHTO para puentes. El resumen de las propiedades geométricas para las vigas simples y compuestas aparecen en el Anexo III.

3.1.5.- Propiedades geométricas de los puentes en estudio. Estos datos aparecen en el Anexo I.

3.1.6.- Clasificación de las vigas. Para identificar las vigas postensadas y pretensadas, para los diferentes claros de los puentes en estudio, se utilizará la siguiente nomenclatura:

En pretensado :	En postensado :	En claros de :
Estructura A1	Estructura B1	15 metros
Estructura A2	Estructura B2	20 metros
Estructura A3	Estructura B3	25 metros
Estructura A4	Estructura B4	30 metros
Estructura A5	Estructura B5	32 metros
Estructura A6	Estructura B6	35 metros

3.1.7.- Trayectorias de los cables de presfuerzo para las vigas pretensadas. Se utilizaron trayectorias de cables arpeados al centro del claro de las vigas, ver Anexo IV, donde se detallan las trayectorias de los cables para cada una de las vigas pretensadas.

3.1.8.- Trayectorias de los cables de presfuerzo para las vigas postensadas. Se utilizaron trayectorias de cables parabólicos, ver Anexo IV, donde se detallan las trayectorias de los cables para cada una de las vigas postensadas.

3.1.9.- Acero de presfuerzo. Se utilizaron cables de ½ ” de diámetro de G-270 K , con un valor de $f_{pu} = 19,600 \text{ kg/cm}^2$ y un $f_{py} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$, estos cables son relevados de esfuerzos y deben cumplir con la norma ASTM - 416 .

3.1.10.- Acero de refuerzo de grado 42. El acero de refuerzo que se utiliza principalmente como estribo es grado 42 , con un $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, y que cumple con la norma ASTM A 615 .

3.1.11.- Concretos . Los concretos a utilizar son concretos de peso normal , de las siguientes resistencias : en losa de tráfico $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y en las vigas presforzadas $f'_{ci} = 280 \text{ kg/cm}^2$ y un $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

3.2.- Consideraciones Económicas. En este trabajo se consideraron los conceptos involucrados en la fabricación de las vigas pretensadas y postensadas. Los datos concernientes a las vigas pretensadas fueron proporcionados por Industrias Promm S.A. de C.V. y para las vigas de concreto postensado fueron proporcionados por Freyssinet de México S.A. de C.V.

3.3.- Exclusiones del presente estudio. Este estudio solamente se limita al estudio de las vigas, no se incluirá el aspecto estructural ni económico de los estribos, la cimentación, los diafragmas, los barandales, la superficie de rodamiento, o cualquier otro elemento que conforme la superestructura del puente.

CAPITULO 4

EVALUACION DE CARGAS

Para el inicio del análisis , se realizó la evaluación de las cargas utilizadas en el análisis y el diseño de la losa de tráfico y las vigas tipo AASHTO de los puentes, tomando en consideración las cargas establecidas en el Manual AASHTO y la reglamentación para Ingeniería de Puentes de la SCT.

Cargas muertas de servicio

Peso de losa (18 cm. de peralte)	= 756 kg / m
Peso de carpeta	= 308 kg / m
Sobrecarga muerta	= 35 kg / m
Diafragmas	= 64 kg / m
Barandales	= 74 kg / m
Guarnición	= 252 kg / m
Peso de la viga	= variable dependiendo de cada caso.

Cargas vivas de servicio

Dependerán de cada claro en estudio, utilizando el camión T3-S2-R4 y el HS-20 establecidos en el boletín de SCT (Ver Anexo II) y las combinaciones de carga establecidas en el Manual AASHTO .

CAPITULO 5

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSA DE TRÁFICO

La losa de tráfico es constante y tiene el mismo valor del peralte ($h = 18 \text{ cm.}$) en todos los puentes. Por lo anterior, se procede al análisis y diseño de la losa:

5.1.- Evaluación de cargas. Para este punto obtenemos las cargas actuantes en la losa, tomando los datos del capítulo 4.

Cargas muertas aplicadas en la losa:

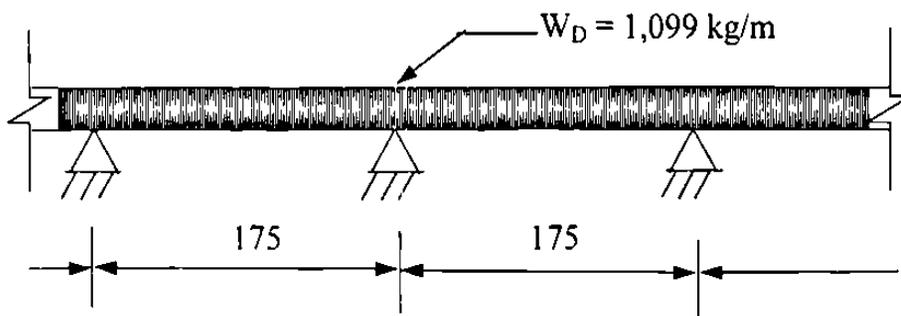
Peso de losa	= 756 kg / m
Peso de carpeta	= 308 kg / m
Sobrecarga	= <u>35 kg / m</u>
Total	1,099 kg. / m

Cargas vivas aplicadas en la losa, ver Anexo II:

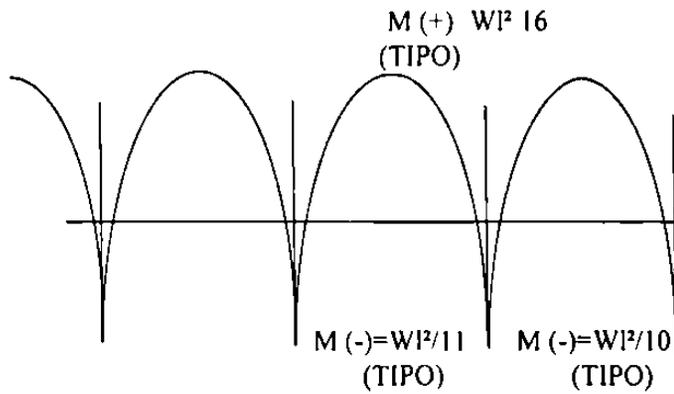
Carga por eje del camión T3 - S2 - R4 = 9,912 Lbs.

5.2.- Modelo de análisis. Para efectuar el análisis realizamos el modelo estructural de las cargas muertas, suponiendo que la losa esta apoyada en las vigas tipo AASHTO, con una separación propuesta de 175 cm.

Modelo de análisis para las cargas muertas



5.3.- Cálculo de los momentos debidos a la carga muerta. Con el modelo estructural propuesto y utilizando el Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado ACI 318-95 (Capítulo 8, sección 8.3.3) tenemos los momentos actuantes en la losa de tráfico.



Estos valores de momento negativo y positivo son los típicos para un claro interior, en este caso se utilizó $M_D = W_D l^2 / 10$, el cual corresponde al tramo más crítico (el claro del extremo). Donde “l” es la distancia libre existente entre las vigas del puente, ver Figura 1.

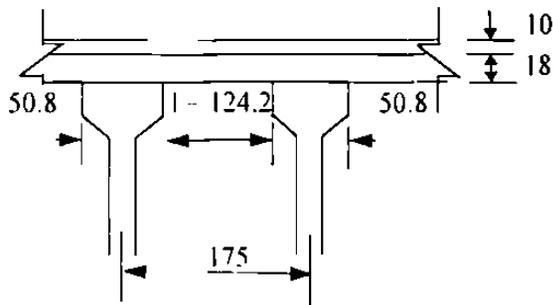


Figura 1.- Distancia libre entre las vigas del puente.

5.4.- Cálculo de los momentos debido a las cargas vivas. Para la obtención de los momentos flexionantes debidos a las cargas vivas , usamos la sección 3.24.3.1 del Manual AASHTO, donde para losas con refuerzo perpendicular al tráfico, los momentos flexionantes son :

$$M = \frac{(S+2)}{32} P_{T3-S2-R4}$$

Continuando con esa sección del Manual AASHTO, verificamos que, para losas continuas, se permite una reducción del momento flexionante del 20 % de M, por lo tanto, el momento flexionante de carga viva, queda :

$$M_l = 0.80 M$$

5.5.- Cálculo del factor de impacto. Para obtener el factor de impacto, I, debido a la carga viva, se procede de acuerdo con la sección 3.8.2.1 del Manual AASHTO.

$$I = \frac{50}{L + 125} < 0.30$$

donde L = en este caso es la distancia centro a centro de viga (en pies).

5.6.- Cálculo del momento debido al impacto. Para la obtención del momento flexionante debido a la carga de impacto, se utiliza el factor de impacto calculado en el inciso anterior, el cual afecta al momento debido a la carga viva.

$$M_i = (\text{Factor de impacto}) (M_L)$$

5.7.- Obtención del momento último. Para el cálculo del momento total último actuante en la losa, se utilizan los factores de amplificación que se establecen en la sección 3.22.1 del Manual AASHTO.

$$M_U = 1.3 \{ M_D + 1.67 (M_L + M_i) \}$$

5.8.- Cálculo del acero de refuerzo por flexión. Con el valor de M_U obtenemos el valor de ω , ρ , y A_s

$$\omega = 0.85 - \sqrt{0.7225 - 1.7 M_U / (0.9 f'_c b d^2)}$$

$$\rho = \omega f'_c / f_y$$

$$A_s = \rho b d$$

5.9.- Cálculo de la separación del acero de refuerzo por flexión. Con el acero de refuerzo ya calculado previamente, se procede a su cálculo con la siguiente ecuación:

$$\text{Sep.} = \frac{A_s \text{ de la varilla (1 metro de ancho)}}{A_s}$$

5.10.- Revisión de deflexiones. Para la revisión de las deflexiones , en el espesor de la losa se revisó la sección 8.9.2 del Manual AASHTO (décimo tercera edición de 1983).

$$\frac{S + 10}{30} \geq 0.542 \text{ Para losas con refuerzo perpendicular al tráfico.}$$

5.11.- Revisión del cortante. De acuerdo con la sección 3.24.4 del Manual AASHTO (décimo tercera edición de 1983), las losas de puente diseñadas para los momentos flexionantes la sección 3.24.3 del mismo Manual, se consideran satisfactorias en lo referente al cortante y la adherencia .

5.12.- Cálculo del acero transversal. Para el cálculo del acero de refuerzo principal perpendicular al tráfico se emplea la sección 3.24.10.2 del Manual AASHTO .

$$\text{Porcentaje \%} = 220 / \sqrt{S} \leq 67 \%$$

$$\text{As Transversal} = \text{Porcentaje \%} (\text{As})$$

5.13.- Separación del acero transversal. Para el calculo del Acero Transversal se utiliza el acero calculado en el punto anterior .

$$\text{Sep.} = \frac{\text{As. de la varilla (1 metro de ancho)}}{\text{As}}$$

5.14.- Resumen del cálculo de la losa de tráfico .

W _D	1.099 kg/m
M _D	169 kg-m
M	1,378 kg-m / m
M _l	1,102 kg-m / m
I	30 %
M _l	331 kg-m/m
M _l	3,331 kg-m m
ω	0.06730
ρ	0.00449
A _s por flexión	6.42 cm ² / m
Sep. A _s por flexión	Varillas No. 4 @ 20 cm
Deflexiones	h - 16.5 cm min < 18 cm
A _s Transversal	4.16 cm ² / m
Sep. A _s Transversal	Varillas No. 4 @ 30 cm

CAPITULO 6

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS VIGAS

En este capítulo aparece el análisis y desarrollo de las vigas tipo AASHTO bajo los Sistemas : Pretensado y Postensado .

El sistema pretensado consiste básicamente en :

- El acero de presfuerzo se tensa antes del colado.
- El acero se ancla inicialmente en los muertos de anclaje, por lo general en el patio de la planta de prefabricados.
- Con la cimbra y el acero de refuerzo de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ colocados en su sitio, se procede al colado del concreto en torno al cable esforzado, a menudo se utiliza concreto de alta resistencia en corto tiempo.
- El concreto se cura con vapor de agua , para acelerar el endurecimiento del concreto ; por lo general , el concreto se cura con vapor , durante un lapso menor que un día.
- Después de lograr la resistencia requerida en el concreto, se procede a cortar los cables de acero de presfuerzo, el concreto recibe por medio de la adherencia entre el acero y el concreto la transferencia de la fuerza de presfuerzo.
- Con frecuencia, se flexiona el acero de presfuerzo en uno o dos puntos a lo largo de la viga, a fin de mejorar su excentricidad cerca del centro del claro, y así mantener niveles de esfuerzo aceptables en los extremos de la viga.

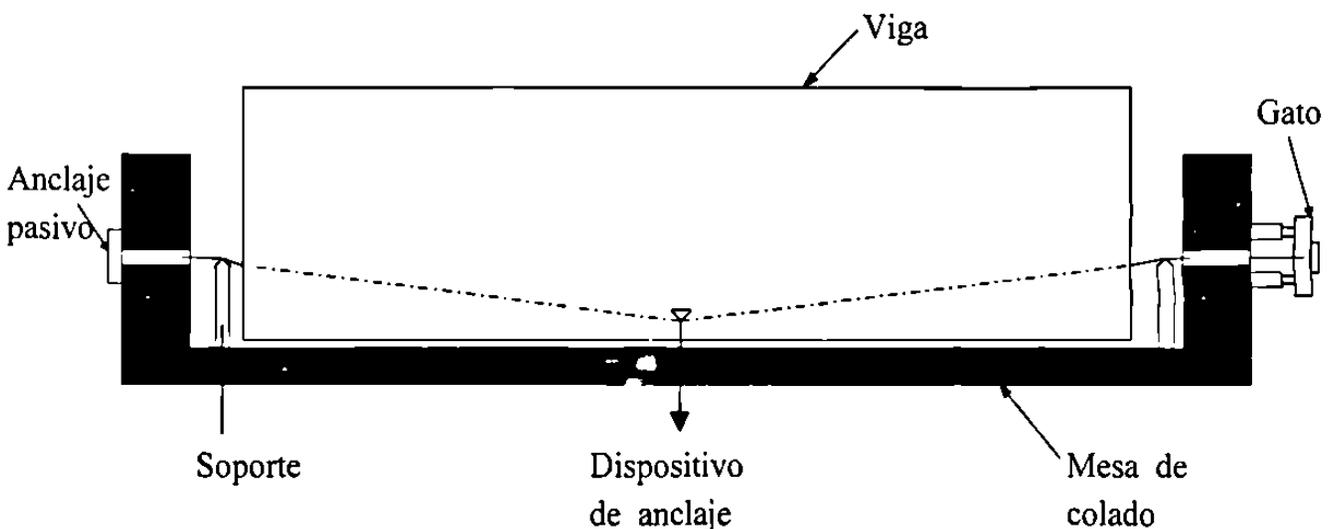


Figura 2.- Viga pretensada con cables arpeados al centro del claro.

Mientras que el Sistema Postensado consiste en :

- a) Se habilita el acero de refuerzo de la viga y se colocan en su posición los conductos huecos que contendrán a los tendones de presfuerzo. Los conductos se fijan con alambres al refuerzo de la viga , para prevenir su desplazamiento accidental durante el colado.
- b) Se coloca la cimbra y los herrajes de las placas de anclaje del sistema de presfuerzo.
- c) Posteriormente se procede al colado de la pieza.
- d) El acero de presfuerzo se coloca en los conductos correspondientes y se tensan una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia requerida.
- e) Los elementos se pueden construir como unidades prefabricadas ya sea en un patio de la planta de prefabricados, en la obra, o bien, pueden ser colados en la obra.
- f) El acero se ancla en un extremo y se tensa por medio de un gato , en el otro extremo. Al concreto se le aplica previamente una fuerza de compresión , por medio de anclajes , en los extremos de la viga.
- g) Inicialmente , el acero no está adherido, pero se puede inyectar una lechada en los ductos después del tensado, de manera que el acero de presfuerzo quede entonces adherido en el concreto, para así mejorar el comportamiento de la deflexión y de la resistencia última (mediante una mejor distribución de las grietas con cables adheridos).
- h) Con frecuencia, al acero de presfuerzo se le da una forma de curva parabólica, dicha configuración puede facilitar una compensación entre el momento de presfuerzo y el momento de carga muerta , que también es parabólico. Ahora bien, la configuración descrita tenderá a mejorar la excentricidad del acero de presfuerzo.

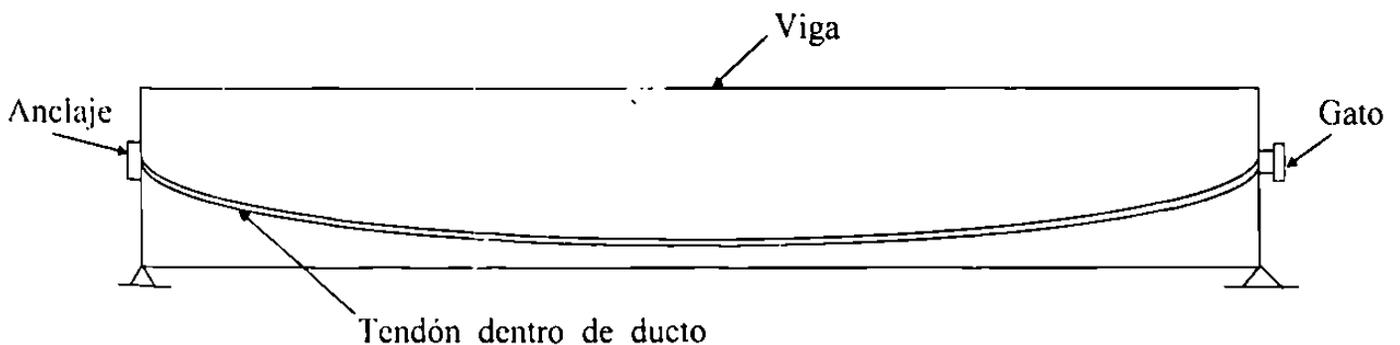


Figura 3.- Viga postensada con cable parabólico.

En la sección 3.23.2.3.1.4 del Manual AASHTO, se establece que las vigas exteriores deben tener la misma capacidad que las interiores; por lo tanto , se procede al cálculo de las vigas interiores, y este criterio es aplicable en ambos sistemas de presfuerzo.

6.1.- Evaluación de las cargas. Para este punto, se obtienen las cargas actuantes en la viga, tomando los datos del capítulo 4.

Cargas muertas de servicio

Peso de la losa (18 cm de peralte)	= 756 kg / m
Peso de la carpeta	= 308 kg / m
Sobrecarga muerta	= 35 kg / m
Diafragmas	= 64 kg / m
Peso de la viga	= variable dependiendo de cada caso.

Cargas vivas de servicio

Dependerán de cada claro en estudio , utilizando el camión T3-S2-R4 y el HS-20 establecidos en el boletín de la SCT (Ver Anexo II) .

6.2.- Cálculo del momento debido a las cargas muertas. Con la carga muerta total en servicio, se calcula el momento flexionante con la ecuación :

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8}$$

6.3.- Cálculo del momento debido a las cargas vivas. Utilizando los camiones T3-S2-R4 y el HS-20 como cargas vivas en servicio, calculamos el momento máximo, siendo obtenido apartir del diagrama de la envolvente de momentos, generado con diferentes condiciones de carga, incluyendo las combinaciones más desfavorables. Para el diagrama de envolvente de momentos de cada uno de los claros en estudio, ver Anexo V.

M_L = Momento máximo obtenido de la envolvente de momentos debido a las cargas vivas.

6.4.- Cálculo del factor de impacto. Para obtener el factor de impacto , debido a la carga viva, procedemos de acuerdo a la sección 3.8.2.1 del Manual AASHTO.

$$I = \frac{50}{L+125} < 0.30$$

donde L = es la longitud de la viga (en pies).

6.5.- Cálculo del momento de impacto. El momento debido a la carga viva, es afectado por el factor de impacto.

$$M_I = (\text{Factor de impacto}) (M_L)$$

6.6.- Cálculo del momento total , en servicio. Es la sumatoria de los momentos actuantes en la viga.

$$M_T = M_D + M_L + M_I$$

6.7.- Desglose de los momentos actuantes en la viga. Para el desarrollo del análisis de la viga , es necesario el desglose de los momentos debido a : peso propio, losa, sobrecargas muertas, viva e impacto.

6.8.- Determinación de las propiedades de la viga. En el Anexo III aparecen las propiedades de las secciones simple y compuesta para las vigas a utilizar.

6.9.- Cálculo de las pérdidas. En la sección 9.16.2.2 del Manual AASHTO, se establece un procedimiento de estimación del total de las pérdidas que se pueden presentar en los miembros presforzados. Estos valores de pérdidas están basados en las siguientes condiciones : el uso de un concreto de peso normal, niveles de presfuerzo normal y condiciones de exposición promedio.

En la sección mencionada , se establece que para el cálculo de la pérdida de presfuerzo total , se deben calcular las perdidas por fricción y sumarlas a las ya indicadas en la Tabla 9.16.2.2 del AASHTO, la cual se muestra a continuación :

TIPO DE ACERO DE PRESFUERZO	PERDIDAS (f'c = 5000 psi)
PRETENSADO	45,000 psi
POSTENSADO	33,000 psi

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se utiliza la sección 9.16.1 de este mismo Manual, donde se establece para el cálculo de estas pérdidas la ecuación :

$$T_0 = T_X (1 + KL + \mu\alpha)$$

Los resultados de las pérdidas de presfuerzo totales para las estructuras en estudio se indican en las Tablas 1.a. y 1.b.

ESTRUCTURA	PERDIDAS TOTALES
A1	3,166.7 kg / cm ²
A2	3,166.7 kg / cm ²
A3	3,166.7 kg / cm ²
A4	3,166.7 kg / cm ²
A5	3,166.7 kg / cm ²
A6	3,166.7 kg / cm ²

Tabla 1.a.- Pérdidas de presfuerzo para estructuras pretensadas

ESTRUCTURA	PERDIDAS TOTALES
B1	3,419 kg / cm ²
B2	3,248 kg / cm ²
B3	3,221 kg / cm ²
B4	3,263 kg / cm ²
B5	3,387 kg / cm ²
B6	3,359 kg / cm ²

Tabla 1.b.- Pérdidas de presfuerzo para estructuras postensadas

6.10.- Cálculo de la fuerza efectiva de presfuerzo. Con los porcentajes de tensado de los cables establecido en el Reglamento ACI 318-95 (Capítulo 18, sección 18.5.1) para determinar la fuerza de tensado, ésta se disminuye en base a las pérdidas calculadas en el inciso anterior. Por lo que el resultado de esta operación se aprecia en las Tablas 2.a. y 2.b.

ESTRUCTURA	FUERZA EFECTIVA DE PRESFUERZO
A1	203,056 kg
A2	284,579 kg
A3	442,156 kg
A4	453,493 kg
A5	464,831 kg
A6	485,438 kg

Tabla 2.a.- Fuerza efectiva de las estructuras pretensadas

ESTRUCTURA	FUERZA EFECTIVA DE PRESFUERZO
B1	167,778 kg
B2	240,528 kg
B3	535,449 kg
B4	501,936 kg
B5	475,318 kg
B6	569,835 kg

Tabla 2.b.- Fuerza efectiva de las estructuras postensadas

6.11.- Obtención de los esfuerzos permisibles. De acuerdo con el Manual AASHTO y al boletín de la SCT, en los cuales se estipulan los valores de esfuerzos permisibles en las etapas de transferencia y servicio, aplicable en ambos sistemas de presfuerzo.

Sistema Pretensado :

ETAPA	ESFUERZO DE COMPRESION	ESFUERZO DE TENSION
Transferencia	168 kg / cm ²	-13.31 kg / cm ² * -33.29 kg / cm ² **
Servicio	140 kg / cm ²	0 kg / cm ² ♦

- * Esfuerzo de tensión permisible.
- ** Esfuerzo de tensión máximo, solamente en caso que se exceda del esfuerzo de tensión permitido (-13.31 kg / cm²), y se coloque refuerzo adicional adherido.
- ♦ Esfuerzo de tensión permisible en servicio de acuerdo al boletín de SCT (ver anexo II)

Sistema Postensado :

ETAPA	ESFUERZO DE COMPRESION	ESFUERZO DE TENSION
Transferencia	154 kg / cm ²	-13.31 kg / cm ² * -33.29 kg / cm ² **
Servicio	140 kg / cm ²	0 kg / cm ² ♦

- * Esfuerzo de tensión permisible.
- ** Esfuerzo de tensión máximo, solamente en caso que se exceda del esfuerzo de tensión permitido (-13.31 kg / cm²), y se coloque refuerzo adicional adherido.
- ♦ Esfuerzo de tensión permisible en servicio de acuerdo al boletín de SCT (ver anexo II)

6.12.- Cálculo de los esfuerzos actuantes en la viga. Se hicieron diversos tanteos de la cantidad y posición de la fuerza de presfuerzo, para cumplir con las acciones de diseño de la viga y con las limitantes de esfuerzos admisibles del inciso anterior. En el Anexo IV, se muestra la posición del centro de gravedad del acero de presfuerzo y la cantidad de fuerza de presfuerzo en transferencia y en servicio.

Las diferentes etapas o estados de carga a las que estará sujeta la viga son :

- Fabricación
- Transporte y manejo
- Colado de la losa
- Servicio

En la etapa de fabricación de la viga, se revisaron los esfuerzos debidos a la transferencia de la fuerza de presfuerzo.

En la etapa de transporte y manejo de la viga, se revisaron los esfuerzos debidos a la fuerza de presfuerzo después de que han ocurrido las pérdidas.

En la etapa de colado de la losa de tráfico, se revisaron los esfuerzos en la viga, generados después de colar la losa de tráfico.

En la etapa de servicio, se revisaron los esfuerzos en la viga, generados cuando se aplican las siguientes cargas : peso propio, colado de losa, sobrecargas muertas, impacto y los debidos a la carga viva. En esta etapa, a diferencia de las anteriores, la viga se considera como sección compuesta, la propiedades de la sección compuesta aparecen en el Anexo III.

En las Tablas 3.a. y 3.b., se muestran los resultados finales de los tanteos elaborados, estos resultados son para las estructuras pretensadas y postensadas, en todas sus etapas. y cumplen con los esfuerzos permisibles.

ESTRUCTURA	ETAPA	EXTREMO		CENTRO DEL CLARO	
		F. SUPERIOR	F. INFERIOR	F. SUPERIOR	F. INFERIOR
A1	Fabricación	34.70	44.27	0.79	72.93
	Transporte y manejo	27.12	34.61	5.75	52.66
	Colado de losa de tráfico	27.12	34.61	20.31	40.36
	Servicio	27.12	34.61	43.38	6.29
A2	Fabricación	83.34	62.57	21.41	114.88
	Transporte y manejo	64.64	48.52	25.99	81.17
	Colado de losa de tráfico	60.38	48.52	51.88	59.30
	Servicio	60.38	48.52	90.51	2.25
A3	Fabricación	53.19	120.95	47.78	126.52
	Transporte y manejo	41.57	94.54	51.25	84.56
	Colado de losa de tráfico	41.57	94.54	72.71	62.46
	Servicio	41.57	94.54	113.51	0.20
A4	Fabricación	4.05	176.08	10.96	168.87
	Transporte y manejo	3.16	137.64	22.56	117.69
	Colado de losa de tráfico	3.16	137.64	53.45	85.85
	Servicio	3.16	137.64	108.03	2.41
A5	Fabricación	76.70	93.00	13.01	158.45
	Transporte y manejo	59.95	72.98	24.46	109.21
	Colado de losa de tráfico	59.95	72.98	53.16	79.91
	Servicio	59.95	72.98	102.45	3.94
A6	Fabricación	19.29	162.52	31.14	150.43
	Transporte y manejo	14.84	125.00	42.00	97.24
	Colado de losa de tráfico	14.84	125.00	76.33	62.19
	Servicio	14.84	125.00	132.54	14.23

Tabla 3.a.- Esfuerzos actuantes en las estructuras pretensadas A1 a A6.

ESTRUCTURA	ETAPA	EXTREMO		CENTRO DEL CLARO	
		F. SUPERIOR	F. INFERIOR	F. SUPERIOR	F. INFERIOR
B1	Fabricación	80.20	19.85	0.00	83.10
	Transporte y manejo	60.33	17.20	6.32	55.47
	Colado de losa de tráfico	60.33	17.21	20.88	43.17
	Servicio	60.33	17.21	43.95	9.10
B2	Fabricación	135.30	1.12	-6.00	114.00
	Transporte y manejo	102.18	0.84	5.71	82.35
	Colado de losa de tráfico	102.18	0.84	31.60	60.48
	Servicio	102.18	0.84	71.28	1.89
B3	Fabricación	138.27	74.78	48.80	166.96
	Transporte y manejo	105.86	57.27	52.35	112.41
	Colado de losa de tráfico	105.86	57.27	73.80	90.30
	Servicio	105.86	57.27	114.59	27.94
B4	Fabricación	83.54	118.52	39.30	164.1
	Transporte y manejo	63.68	90.34	45.21	109.41
	Colado de losa de tráfico	63.68	90.34	76.09	77.57
	Servicio	63.68	90.34	130.69	57.23
B5	Fabricación	83.65	96.81	11.13	170.84
	Transporte y manejo	62.99	72.90	24.54	112.17
	Colado de losa de tráfico	62.99	72.90	53.23	82.88
	Servicio	62.99	72.90	102.43	6.90
B6	Fabricación	48.79	168.11	29.20	188.06
	Transporte y manejo	36.79	126.94	41.22	122.42
	Colado de losa de tráfico	36.79	126.94	75.55	87.37
	Servicio	36.79	126.94	131.77	0.71

Tabla 3.b.- Esfuerzos actuantes en las estructuras postensadas B1 a B6.

6.13.- Cálculo del momento último. De acuerdo con la sección 9.13.1.2 del Manual AASHTO, el diseño de las vigas debe estar basado en la resistencia última de la viga, y el comportamiento en condiciones de servicio. Por lo tanto, se revisó la capacidad última de cada viga. Para el cálculo del momento último actuante en la viga, se utilizó la siguiente ecuación, la cual está especificada en la sección 3.22. del Manual AASHTO.

$$M_U = \gamma [\beta_D D + \beta_L (L + I)]$$

En las Tablas 4.a. y 4.b. se muestran los valores de los momentos últimos calculados para cada viga.

6.14.- Cálculo del momento de agrietamiento. Para el cálculo del M_{cr} se basó en la sección 9.15.2.3 del Manual AASHTO, donde se especifica el módulo de ruptura a utilizar y en el Reglamento de Construcciones ACI 318-95 se establece el criterio de utilizar para el cálculo del M_{cr} la siguiente ecuación :

$$f_{inf} = \frac{F}{A} + \frac{F e c_t}{I} - \frac{M_{cr} (c^*)}{I^*}$$

de esta ecuación se despeja el valor de M_{cr} igualando el f_{inf} al valor del módulo de ruptura , los resultados aparecen tabulados en las Tablas 4.a. y 4.b.

6.15.- Cálculo del momento resistente de la viga. En el cálculo del Momento Resistente de la viga se siguieron las especificaciones de la sección 9.17 del Manual AASHTO, donde se establecen las siguientes ecuaciones para su cálculo :

$$f_{su}^* = f'_s [1 - (\gamma^* / \beta_1) (P^* f'_s / f'_c)]$$

$$P^* = A_s^* / b d$$

La sección trabaja como rectangular si se cumple la siguiente ecuación :

$$t \geq (A_s^* f_{su}^*) / (0.85 f'_c b)$$

Entonces, la siguiente ecuación determina el Momento Resistente de la viga :

$$\phi M_n = \phi \{ A_s^* f_{su}^* d [1 - 0.6 (P^* f_{su}^* / f'_c)] \}$$

Si la viga trabaja como viga T , se debe emplear la siguiente ecuación para el cálculo del momento resistente :

$$\phi M_n = \phi \{ A_{sr} f_{su}^* d [1 - 0.6 (A_{sr} f_{su}^* / b' d f'_c)] + A_s f_{sy} (d_t - d) + 0.85 f'_c (b - b') (t) (d - 0.5 t) \}$$

Enseguida se muestran las Tablas 4.a. y 4.b. en las que aparecen tabulados los resultados de los valores calculados en este inciso y los dos incisos anteriores.

Estructura	Claro m.	M_U (kg-m)	ϕM_n (kg-m)	$1.2 M_{cr}$ (kg-m)
A1	15	248,336	355,660	106,578
A2	20	430,715	553,117	239,287
A3	25	673,117	920,781	465,452
A4	30	921,884	1,122,790	603,369
A5	32	1,056,301	1,085,080	695,772
A6	35	1,225,199	1,174,553	701,484

Tabla 4.a.- Resumen de resultados obtenidos de M_U , ϕM_n y M_{cr} para las vigas pretensadas.

Estructura	Claro m.	M_U (kg-m)	ϕM_n (kg-m)	$1.2 M_{cr}$ (kg-m)
B1	15	248,336	412,868	115,057
B2	20	430,715	582,229	242,848
B3	25	673,117	1,153,945	580,136
B4	30	921,884	1,134,590	569,260
B5	32	1,056,301	1,223,487	710,503
B6	35	1,225,199	1,338,555	827,651

Tabla 4.b.- Resumen de resultados obtenidos de M_U , ϕM_n y M_{cr} para las vigas postensadas.

Para verificar el cumplimiento del requisito de la sección 9.18.2.1. del Manual AASHTO, es que aparecen tabulados los valores de $1.2 M_{cr}$, ya que se debe de cumplir con :

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

6.16.- Cálculo de la deflexión. La deflexión en la viga se calculó de acuerdo al PCI Design Handbook, para la estimación de las deflexiones a largo plazo y contraflechas que ocurren en la viga. Enseguida se presentan los factores que deben ser usados para la estimación de deflexiones y contraflechas.

Durante la construcción de la viga:

1. Componente de la deflexión hacia abajo (\downarrow), aplica a la deflexión elástica debido al peso del elemento al momento de transmitir la fuerza de presfuerzo. El factor es 1.85
2. Componente de la contraflecha hacia arriba (\uparrow), aplica a la contraflecha elástica debida a la fuerza de presfuerzo al momento de transmitirla a la viga. El factor es 1.80

Durante la vida útil de la viga:

1. Componente de la deflexión hacia abajo (↓), aplica a la deflexión elástica debido al peso del elemento al momento de transmitir la fuerza de presfuerzo. El factor es 2.40
2. Componente de la contraflecha hacia arriba (↑), aplica a la contraflecha elástica debida a la fuerza de presfuerzo al momento de transmitirla a la viga. El factor es 2.20
3. Componente de la deflexión hacia abajo (↓), aplica a la deflexión elástica debido a la carga muerta sobrepuesta a la viga. El factor es 3.00
4. Componente de la deflexión hacia abajo (↓), aplica a la deflexión elástica debido a la carga de losa de tráfico, que trabaja como losa de compresión de la viga. El factor es 2.30

Con este criterio , se calcularon los valores de deflexiones y contraflechas obtenidas debido a las cargas muertas. En la Tablas 5.a. y 5.b. aparecen los resultados de estos cálculos.

Adicional a los resultados anteriores , se calculan las deflexiones debidas a las cargas vivas, obtenidas a partir del diagrama de la envolvente de momentos que aparece en Anexo V. Esta deflexión máxima, así como su localización, se determinaron con el método de área momento. Los resultados de la deflexión debidas a carga viva aparecen en las Tablas 5.a. y 5.b.

Para obtener la deflexión debida al impacto, se utilizó el diagrama de la envolvente de momentos debido a la carga viva afectada por el factor de impacto obtenido en el punto 6.4 de este capítulo. Los resultados de estas deflexiones aparecen en las Tablas 5.a. y 5.b. para las estructuras pretensadas y postensadas.

ESTRUCTURA	DEFLEXION POR CARGA MUERTA	DEFLEXION POR CARGA VIVA	DEFLEXION POR IMPACTO	DEFLEXION TOTAL
A1	0.202 ↑	0.196 ↓	0.055 ↓	0.049 ↓
A2	0.157 ↓	0.400 ↓	0.104 ↓	0.661 ↓
A3	0.349 ↑	0.890 ↓	0.210 ↓	0.740 ↓
A4	0.530 ↓	1.710 ↓	0.380 ↓	2.620 ↓
A5	0.070 ↑	1.560 ↓	0.340 ↓	1.830 ↓
A6	5.720 ↓	2.100 ↓	0.440 ↓	8.260 ↓

Tabla 5.a.- Deflexiones a largo plazo en las vigas pretensadas A1 a A6.

ESTRUCTURA	DEFLEXION POR CARGA MUERTA	DEFLEXION POR CARGA VIVA	DEFLEXION POR IMPACTO	DEFLEXION TOTAL
B1	1.016 ↑	0.196 ↓	0.055 ↓	0.765 ↓
B2	1.625 ↑	0.400 ↓	0.104 ↓	1.121 ↓
B3	3.213 ↑	0.880 ↓	0.210 ↓	2.123 ↓
B4	0.720 ↑	1.710 ↓	0.380 ↓	1.370 ↓
B5	2.070 ↑	1.560 ↓	0.340 ↓	0.170 ↑
B6	3.150 ↑	2.100 ↓	0.440 ↓	0.610 ↑

Tabla 5.b.- Deflexiones a largo plazo en las vigas postensadas B1 a B6.

6.17.- Cálculo del cortante por flexión. Adicional a los efectos anteriores, las cargas externas generan fuerzas cortantes en la viga. Por tanto, las vigas deben ser diseñadas para soportar esa fuerza cortante, debida a la flexión de la viga.

En el Manual AASHTO se establece que las vigas de concreto presforzado deben tener acero de refuerzo para soportar los esfuerzos producidos por el cortante y la tensión diagonal, lo anterior puede ser omitido si la fuerza cortante factorizada V_u , es menor que la mitad de la resistencia a cortante proporcionada por el concreto ϕV_c . La sección 9.20.2 del Manual AASHTO establece los criterios para el cálculo de esa resistencia al cortante, la cual debe ser tomada como la menor de los valores de V_{ci} o V_{cw} .

La resistencia al cortante V_{ci} debe ser calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$V_{ci} = 0.6\sqrt{f'c} b' d + V_d + V_i \frac{M_{cr}}{M_{max}}$$

Pero no necesita ser menor que $1.7\sqrt{f'c} b' d$, donde "d" no necesita ser tomado con un valor menor que $0.8 h$. El momento a flexión que causa el agrietamiento en la sección debida a cargas externamente aplicadas, M_{cr} , debe ser calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$M_{cr} = \frac{I}{Y_t} (6\sqrt{f'c} + f_{pe} - f_d)$$

El momento máximo factorizado y el cortante factorizado en la sección en estudio son debidos a las cargas externamente aplicadas, M_{max} y V_i , deben ser calculados de la combinación de cargas que causan los máximos momentos en esa sección.

La resistencia al cortante V_{cw} , debe ser calculada utilizando la ecuación:

$$V_{cw} = (3.5\sqrt{f'c} + 0.3 F_{pc}) b' d + V_p$$

Pero en esta ecuación "d" no debe ser tomada menor que $0.8 h$.

Posteriormente del cálculo de la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto V_c , se procede al cálculo de la fuerza cortante que deberá ser proporcionada por los estribos V_s , utilizando la ecuación:

$$V_u \leq \phi (V_c + V_s)$$

Una vez determinado el valor de V_s , el cual no debe ser mayor que el valor de $8\sqrt{f'c} b' d$, procedemos al cálculo de los estribos usando la ecuación:

$$V_s = \frac{A_s f_{sy} d}{s}$$

El área mínima del estribo esta dada por la ecuación :

$$A_v = \frac{50 b' s}{f_{sy}}$$

La separación requerida del estribo no debe exceder de 0.75 h o 24 pulgadas. El resultado de los cortantes, el acero de refuerzo utilizado en los estribos y su separación aparecen en el Anexo VI.

6.18.- Cálculo del cortante horizontal. A medida en que se aplica la carga flexionante a una viga compuesta presforzada, existe la tendencia de que la losa colada en el sitio se deslice horizontalmente. La cara inferior de la losa tiende a moverse hacia afuera con respecto a la cara superior del alma procesada, la cual tiende a desplazarse hacia adentro, y por lo tanto a trabajar como dos elementos separados resistiendo cada uno de ellos su porción de carga independientemente mediante flexión alrededor de sus propios ejes.

Para evitar ese deslizamiento, deben existir medios para la transferencia de las fuerzas cortantes a través de la cara de contacto entre los dos componentes del miembro compuesto. Las fuerzas cortantes producidas por las cargas normales de flexión actúan hacia adentro en la losa, orientadas a la sección de máximo momento y hacia afuera en el alma.

La resistencia al cortante a lo largo de la superficie de contacto se puede proporcionar mediante la adhesión natural y la fricción entre el concreto colado en el sitio y la viga presforzada. Éstos se incrementarán haciendo rugosa intencionalmente la parte superior de la viga presforzada, lo anterior se efectúa generalmente para las vigas compuestas que poseen una amplia superficie de contacto. Las pruebas han confirmado que en miembros de este tipo se encuentra garantizada la totalidad del comportamiento compuesto hasta su falla por flexión.

En la sección 9.20.4 del Manual de AASHTO, se establece que, para miembros compuestos a flexión el diseño del cortante horizontal puede estar basado en la siguiente ecuación :

$$V_u \leq \phi V_{nh}$$

Donde V_u es la fuerza cortante factorizada en la sección considerada, V_{nh} es la resistencia nominal al cortante horizontal.

En las estructuras en estudio se tuvo que utilizar la cantidad de acero mínimo para estribos por cortante horizontal, los cuales se calcularon con la siguiente ecuación:

$$A_v = \frac{50 b_v s}{F_y}$$

La separación de estos estribos no debe exceder de 4 veces el ancho del alma o 24 pulgadas. Adicionalmente a los estribos, la superficie de contacto, de acuerdo con el Manual AASHTO, debe estar limpia, libre de lechada e intencionalmente rugosa, con una altura de la rugosidad de 0.25 de pulgada. La resistencia al cortante V_{nh} no debe ser mayor que $350 b_v d$.

El refuerzo por cortante horizontal requerido en la viga se debe extender dentro de la losa colada en el lugar, extendiendo el refuerzo del cortante por flexión, satisfaciendo el acero mínimo en estribos, de acuerdo a la sección 9.20.4.5. del Manual AASHTO.

En el Anexo VI aparecen los resultados del cortante por flexión y del cortante horizontal.

CAPITULO 7

ESTUDIO COMPARATIVO ECONOMICO ENTRE VIGAS PRETENSADAS Y POSTENSADAS

En este capítulo se comparan los precios proporcionados, por las empresas especializadas consultadas, para la fabricación de los elementos considerados en este trabajo. Se presentan los precios unitarios de venta para los conceptos considerados. Estos precios de venta se componen de :

- ◆ **Costos directos**
- ◆ **Costos indirectos**

Los **costos directos** incluyen los siguientes conceptos :

- Materiales
- Mano de obra
- Herramienta menor y equipo

Los **costos indirectos** incluyen los siguientes conceptos :

- Gastos de oficinas administrativas
- Depreciación de la planta, equipos e instalaciones
- Depreciación de los equipos de cómputo y mobiliario de oficina
- Promoción, gastos de ventas y concursos
- Utilidades e impuestos
- Implantación y fabricación de construcciones provisionales
- Retiro de instalaciones provisionales, incluyendo la limpieza final.

En el Anexo No. VII aparecen los precios unitarios de venta, las cantidades de obra, y el importe de los conceptos considerados para las vigas pretensadas y postensadas, se tomó como base que la obra estaría ubicada en el área metropolitana de Monterrey, N.L. Los conceptos considerados fueron :

1. Concreto
2. Cimbra
3. Acero de refuerzo
4. Acero de presfuerzo
5. Montaje
6. Ganchos de izaje
7. Transporte

Los precios para las vigas pretensadas fueron proporcionados por Industrias Promm S.A. de C.V. y los relativos al postensado por Freyssinet de México S.A. de C.V.

El resumen de los costos de las vigas pretensadas y postensadas aparece en la Tabla No. 6 . Adicionalmente , para establecer una guía que determine la conveniencia de cuándo fabricar una viga postensada o pretensada , se elaboraron gráficas que permiten observar y concluir , con base en los resultados obtenidos al costear las vigas. Estas gráficas se pueden apreciar en las Figuras 4 , 5 y 6 .

partida	concepto	L = 15 m.		L = 20 m.		L = 25 m.	
		pretensado	postensado	pretensado	postensado	pretensado	postensado
1	concreto	\$13,589.40	\$14,974.87	\$17,640.70	\$18,965.25	\$29,730.80	\$30,991.74
2	cimbra	\$3,247.64	\$3,585.60	\$4,352.34	\$4,608.98	\$7,087.73	\$7,252.39
3	a. refuerzo	\$2,003.40	\$2,314.43	\$4,831.65	\$6,213.00	\$7,663.28	\$8,864.92
4	a. presfuerzo	\$4,542.00	\$5,144.38	\$6,051.00	\$9,372.47	\$11,352.00	\$23,293.55
5	montaje	\$5,459.62	\$5,283.57	\$7,087.25	\$7,174.59	\$11,944.51	\$7,425.43
6	g. izaje	\$399.69	\$547.34	\$399.69	\$547.34	\$451.72	\$568.63
7	transporte	\$2,360.00	\$0.00	\$3,540.00	\$0.00	\$9,440.00	\$0.00
		\$31,601.75	\$31,850.19	\$43,902.63	\$46,881.63	\$77,670.04	\$78,396.66

partida	concepto	L = 30 m.		L = 32 m.		L = 35 m.	
		pretensado	postensado	pretensado	postensado	pretensado	postensado
1	concreto	\$34,930.50	\$36,055.86	\$40,194.00	\$41,582.51	\$43,543.50	\$45,129.44
2	cimbra	\$8,539.95	\$8,599.28	\$10,180.03	\$10,257.41	\$11,148.18	\$11,550.08
3	a. refuerzo	\$9,196.20	\$10,454.24	\$10,185.75	\$11,439.36	\$11,153.70	\$12,424.39
4	a. presfuerzo	\$13,950.00	\$27,483.07	\$15,252.00	\$28,267.44	\$18,720.00	\$35,943.15
5	montaje	\$14,033.52	\$8,572.14	\$16,148.16	\$10,244.73	\$17,493.84	\$12,163.68
6	g. izaje	\$451.72	\$568.63	\$501.38	\$588.96	\$501.38	\$588.96
7	transporte	\$11,800.00	\$0.00	\$14,160.00	\$0.00	\$17,700.00	\$0.00
		\$92,901.89	\$91,733.22	\$106,621.32	\$102,380.41	\$120,260.60	\$117,799.70

Tabla 6.- Resumen de los costos de las vigas pretensadas y postensadas

**Figura No 4 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MOMENTOS
FLEXIONANTES CAMION T3-S2-R4 vs HS-20**

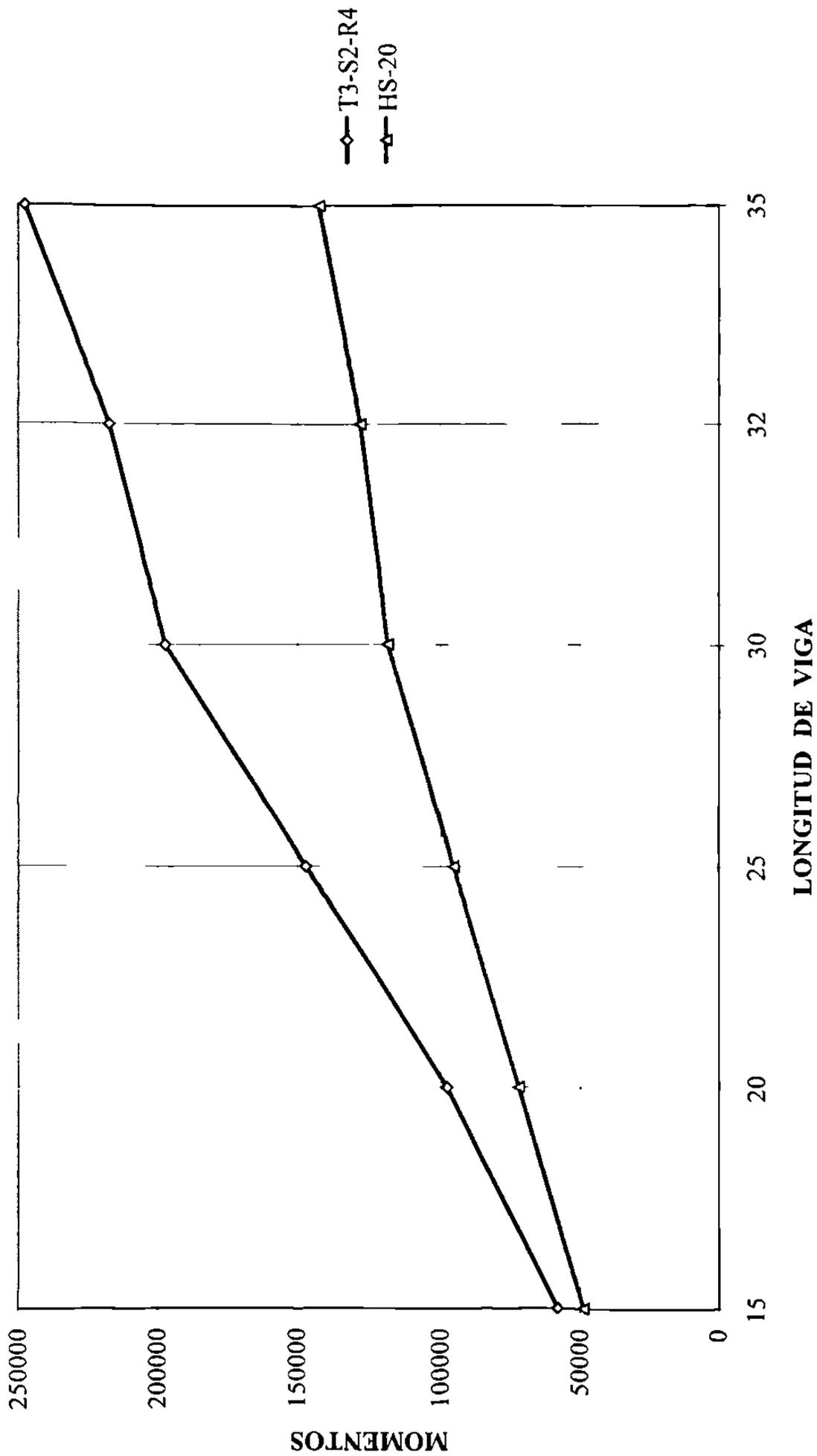


Figura No. 5 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS CORTANTES POR FLEXION CAMION T3-S2-R4 vs HS-20

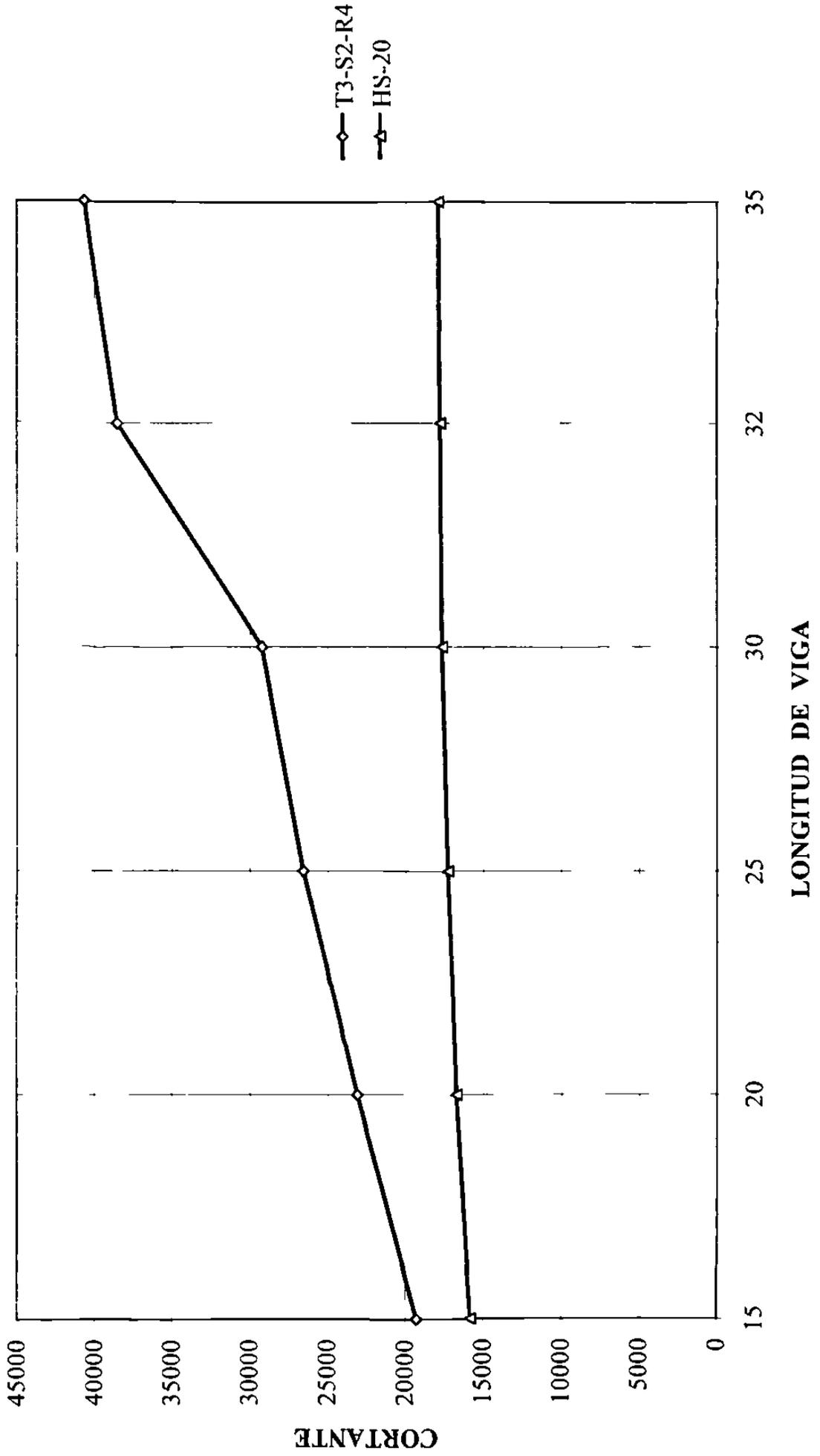


Figura No 6 ESTUDIO COMPARATIVO DE KG DE PRESFUERZO

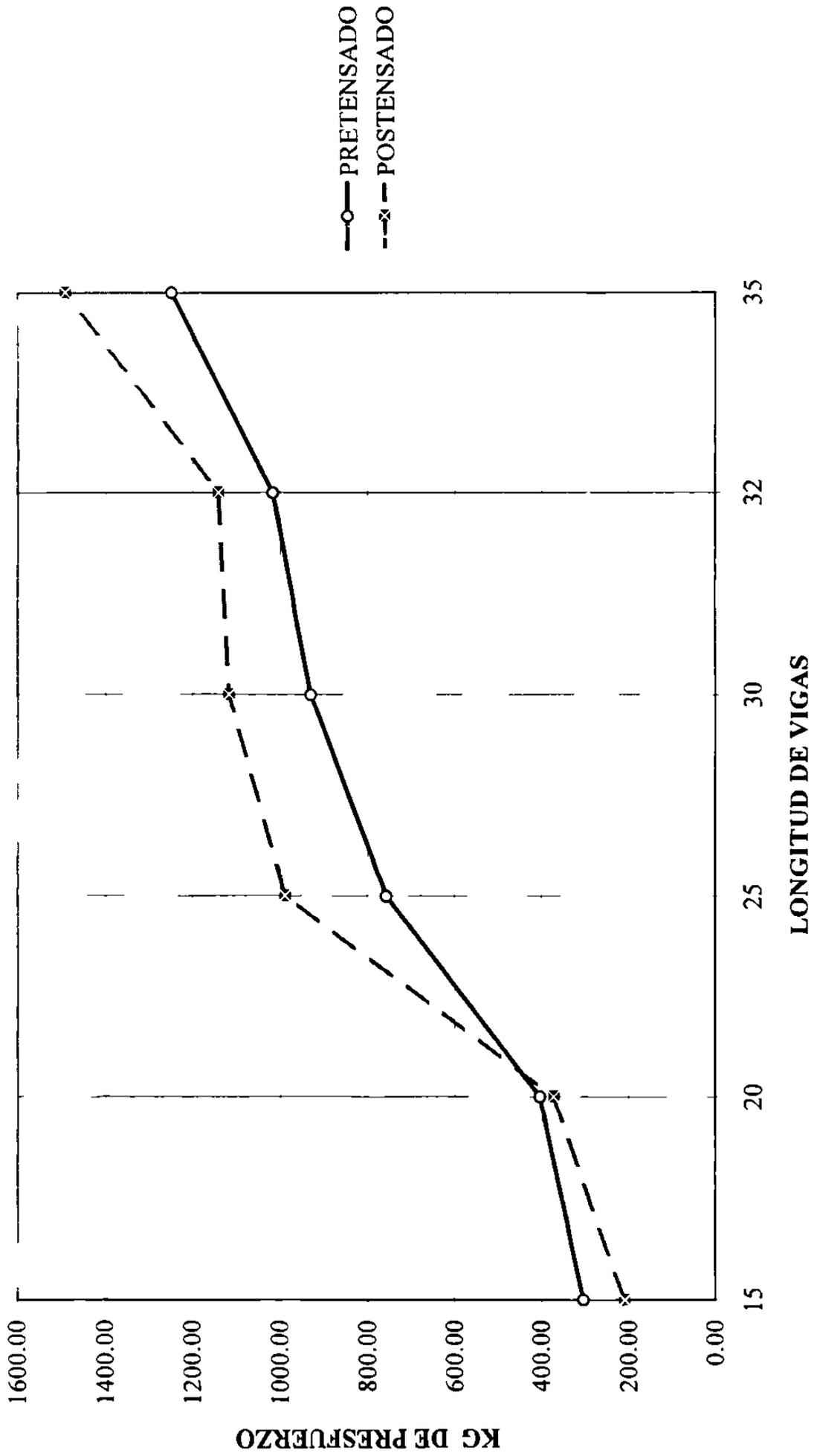
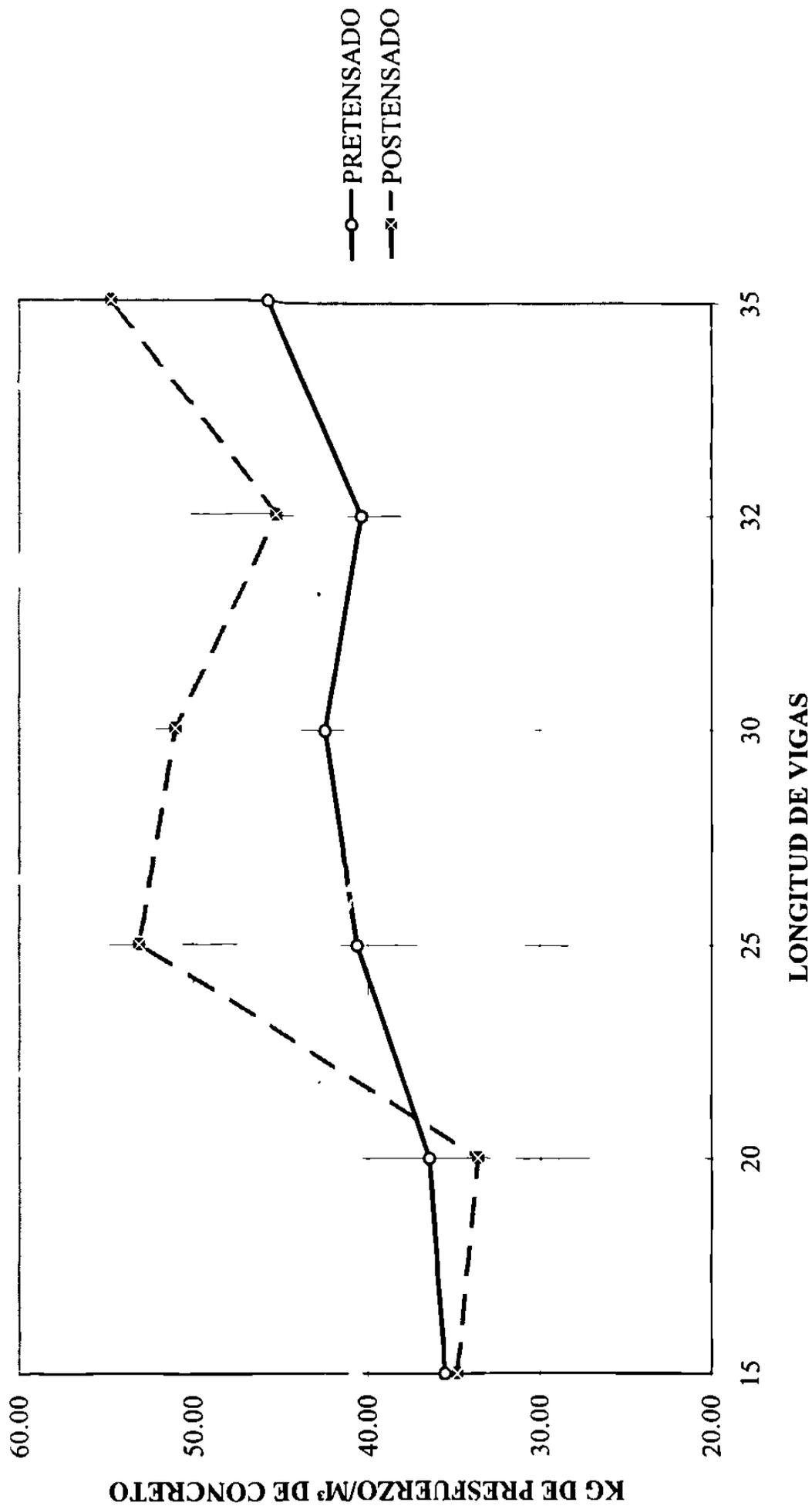
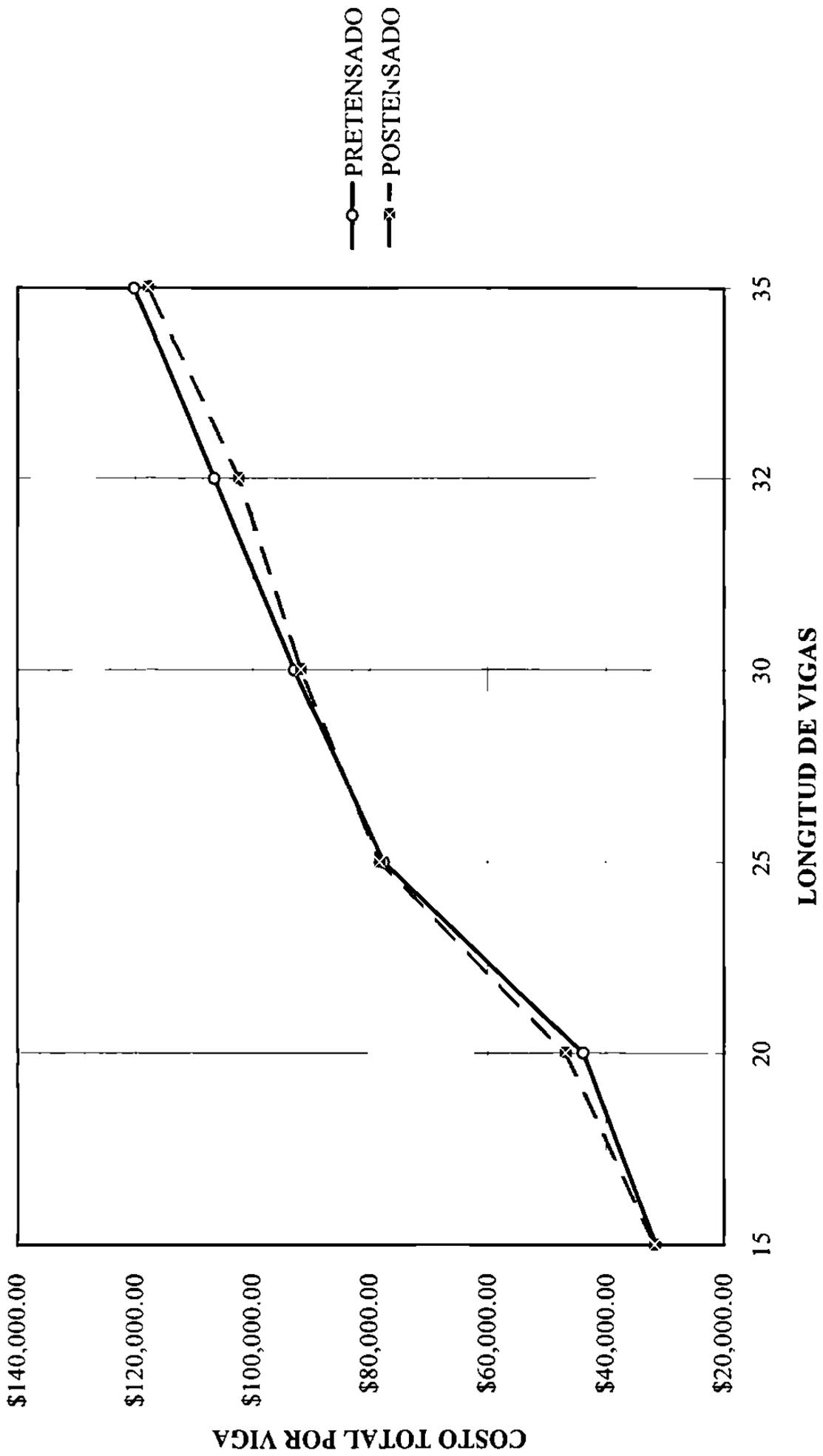


Figura No 7 ESTUDIO COMPARATIVO DE KG DE PRESFUERZO/M³ DE CONCRETO



**Figura No 8 ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTO TOTAL POR VIGA,
EN AMBOS SISTEMAS**



CAPITULO 8

ESTUDIO COMPARATIVO ESTRUCTURAL DE LOS SISTEMAS DE PRESFUERZO

Con base en los resultados obtenidos , se realizó una comparación estructural entre ambos sistemas de presfuerzo , y se obtuvo lo siguiente :

1. Al utilizar las cargas de los camiones T3-S2-R4 y HS-20 que establece la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y t, Manual AASHTO , respectivamente , se obtuvo que los momentos flexionantes debidos al camión T3-S:-R4 resultan desde un 16 % para la viga de 15 d de claro , hasta un 43 % para la viga de 35 d de claro , mayores que los momentos generados por el uso del camión HS-20 , ver figura No. 4 .
Así mismo , los cortantes por flexión wenerados por las cargas del camión T3-S2-R4 resultan desde un 21 % para la viga te 15 m de claro , hasta un 58 % para la viga de 35 m de claro , mayores que los generados por el uso del camión HS-20 , ver figura No. 5 .
2. Para satisfacer los esfuerzos especificados por el Manual AASHTO durante las etapas de transferencia y servicio , y utilizando las cargas de los camiones establecidos por SCT, se obtuvieron como resultados para las vigas pretensadas y postensadas :
 - a) Para los claros de vigas de 15 m y 20 m satisfacen las vigas AASHTO tipo IV
 - b) Para los claros de vigas de 25 m y 30 m satisfacen las vigas AASHTO tipo V
 - c) Para los claros de vigas de 32 m y 35 m satisfacen las vigas AASHTO tipo VI

Cabe resaltar la influencia que tiene el valor de cero tensiones en la etapa de servicio, establecido por la SCT , ya que este factor fue determinante para el cambio en el tipo de trabe en los claros de estudio.

3. Las pérdidas de presfuerzo para las vigas pretensadas no dependen de la longitud del claro , de la posición del acero de presfuerzo ni de la cantidad de fuerza de presfuerzo ; dependen únicamente de la resistencia a la compresión del concreto.
Mientras que para las vigas postensadas , las pérdidas de presfuerzo dependen de la longitud del claro , de la posición del acero de presfuerzo , de la cantidad de fuerza de presfuerzo y de la resistencia a la compresión del concreto .
4. Para los claros de 15 m hasta 21 m se requiere menor fuerza de presfuerzo , al utilizar el sistema postensado comparado con el sistema pretensado . Y en los claros de 21 m hasta 35 m resultó menor la cantidad de fuerza de presfuerzo requerida en el sistema pretensado que en el sistema postensado , ver figura No. 6 .
5. La fuerza de presfuerzo y el tipo de viga AASHTO a utilizar para cada claro de viga pretensada y postensada , es influenciada grandemente por la resistencia del concreto a la compresión .

6. El momento resistente de las vigas AASHTO debe ser proporcionado por la sección compuesta , ya que trabajando como sección simple , no tiene la capacidad suficiente para soportar los momentos flexionantes generados en cada viga .
7. Los factores determinantes en las deflexiones de las vigas , en ambos sistemas , son la cantidad de acero del presfuerzo y la posición de los cables del presfuerzo . Para los claros de 15 m , 20 m y 25 m la deflexión en el sistema pretensado resultó menor que la calculada en el sistema postensado . Mientras que , para claros de 30 m , 32 m , y 35 m , la deflexión total calculada para el sistema postensado resultó menor que la deflexión total calculada para las vigas pretensadas .
8. Los requerimientos de estribos , establecidos en el Manual AASHTO , para cortante horizontal , resultaron mayores que los requeridos para cortante por flexión , en todos los claros de las vigas , tanto pretensadas como postensadas .
9. Para las vigas con una longitud de claro de hasta aproximadamente 21 m , la relación acero de presfuerzo por m^3 de concreto (kg / m^3) , el sistema postensado requiere valores de cantidad de acero de presfuerzo menores , comparado con el sistema pretensado , lo cual se aprecia en la figura No. 7 , conforme la longitud del claro es mayor que los 21 m , se invierte la tendencia ; es decir , se requiere menor cantidad de acero de presfuerzo ; en el sistema pretensado que en el postensado.

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo establecido en el objetivo de este trabajo y con base en los resultados obtenidos , se puede concluir lo siguiente :

Desde el punto de vista económico , se puede concluir que :

1. Desde el punto de vista económico es 27 m el límite conveniente de longitud de la viga , según se observa en la figura No. 8 , el intervalo de 25 m a 30 m , de longitud de claro , los costos de las vigas para ambos sistemas resultaron con una diferencia muy pequeña , de alrededor del 2 % .
2. Para vigas de claro de 15 a 27 m , es más conveniente utilizar el sistema pretensado , por ser el más económico , y de 27 m a los 35 m de longitud de claro conviene mas utilizar el sistema postensado , que el sistema pretensado .
3. Los conceptos más representativos , donde se tienen los costos más elevados , para la viga pretensada son : concreto , acero de presfuerzo , montaje y transporte. Mientras que para la viga postensada son : concreto , acero de presfuerzo y montaje .
4. El transporte de las vigas es considerado solamente en las vigas pretensadas , ya que las vigas postensadas son fabricadas en el lugar de la obra . En este caso se consideró que el proyecto está ubicado dentro del área metropolitana de la Cd. de Monterrey, N.L.
El costo del transporte , con respecto al costo total de las vigas , representa desde un 7 % para la viga de 15 m hasta un 15 % para la viga de 35 m de claro .
5. Las vigas pretensadas presentan problemas adicionales para su transporte al sitio de la obra , cuando su longitud es de 30 m o más , ya que se requiere establecer una ruta adecuada para el traslado , considerando los radios de giro del vehículo que trasladará la pieza , se necesitan vehículos especiales (low boy) debido al peso de la pieza , así como tramitar los permisos ante las autoridades correspondientes para facilitar el traslado de la pieza por la ruta seleccionada .
6. Considerando solamente la fabricación de las vigas pretensadas y postensadas (no incluyendo las partidas de montaje ni transporte) , todas la vigas pretensadas fabricadas en una planta de elementos prefabricados resultan más económicas (del 8 % al 20 %) comparadas con las vigas postensadas .

Para todas las conclusiones enumeradas anteriormente , se establecen las siguientes recomendaciones finales :

RECOMENDACIONES SOBRE EL SISTEMA DE PRESFUERZO , SEGÚN EL CLARO DE VIGA TIPO AASHTO.

LONGITUD DE LA VIGA (m)	TIPO DE SISTEMA DE PRESFUERZO RECOMENDADO
15 a 20	Pretensado
21 a 25	Pretensado
26 a 27	Ambos : pretensado o postensado
28 a 30	Ambos : pretensado o postensado
31 a 35	Postensado

CAPITULO 10

BIBLIOGRAFÍA

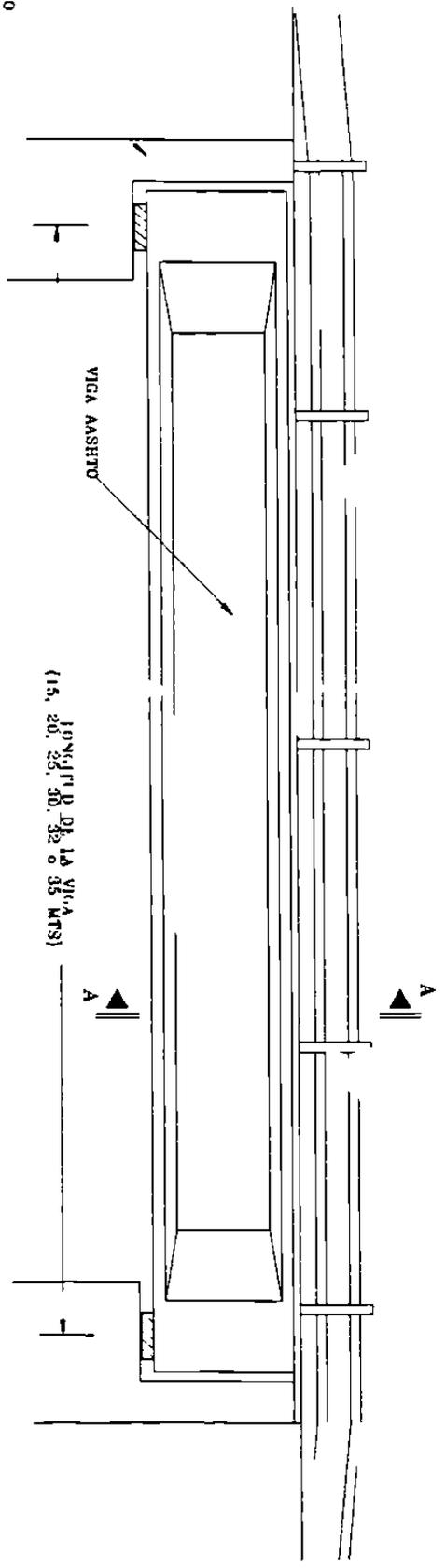
1. American Association of State Highway and Transportation Officials , Interim Specification of Bridges , *Ed. Association General Offices* , Washington , D. C. , U.S.A. Marzo de 1991.
2. American Concrete Institute . Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95) , *Ed. American Concrete Institute* , Michigan , U.S.A. , Julio de 1996.
3. Burns , Ned H. y Lin , T. Y. Design of Prestressed Concrete Structures , *Ed. John Wiley & Sons* , Texas , U.S.A. , 1982 .
4. Lin , T. Y. Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado , *Ed. CECSA* , México , 1981 .
5. Nilson , Arthur H. Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado , *Ed. LIMUSA* , México , 1982 .
6. Prestressed Concrete Institute . Short Span Bridges , *Ed. Prestressed Concrete Institute* , Chicago , U.S.A. , 1988 .

ANEXOS

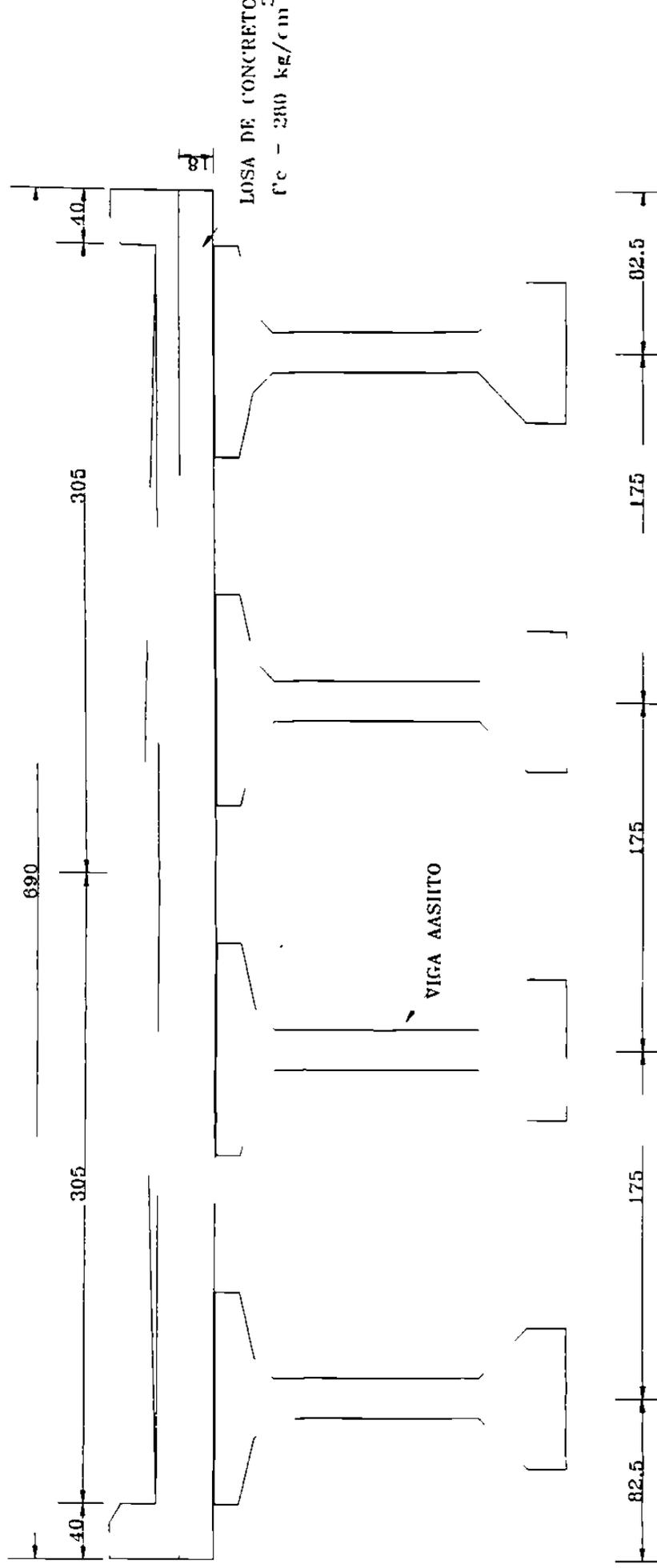
ANEXO I

Datos geométricos y dimensiones de los puentes

ESTRIBO



CORTE LONGITUDINAL
DEL PUENTE TÍPICO



SECCION TRANSVERSAL A - A
 DEL PUENTE TIPICO

ANEXO II

**Datos de cargas proporcionados por la
Secretaría de Comunicaciones y Transportes**



DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 DIRECCION DE PROYECTO DE PUENTES
 E INGENIERIA EXPERIMENTAL
 OFICIO-CIRCULAR No. 103.203.411/266

TARIA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

Ciudad de México, 23 de noviembre de 1990

CC. INGS. PROYECTISTAS DE PUENTES
 P R E S E N T E .

En relación con el Oficio Circular No. 3-111-203-508/057 fechado el 10 de febrero de 1989, vuelvo a insistir a ustedes que, las estructuras de puentes para Carreteras Tipo " A " deberán ser proyectadas, con un carril de carga viva Tipo T3-S2-R4 ó T3-S3 (el que produzca los esfuerzos máximos correspondientes) y el resto de los carriles de tránsito con carga tipo HS-20, además se deberá prevenir que en las superestructuras presforzadas, en la etapa de operación no se produzcan esfuerzos de tensión.

A T E N T A M E N T E
 EL DIRECTOR DE AREA

ING. CARLOS KING REVELO

- c.c.p. C. Ing. Rafael Maldonado Sánchez.- Jefe de Depto. de Supervisión de Proyecto de Puentes Zona 1.
- c.c.p. C. Ing. Carlos H. Alvarez Guillén.- Jefe de Depto. de Supervisión de Proyecto de Puentes, Zona 4.
- c.c.p. C. Ing. José Ma. Méndez Santos.- Jefe de Depto. de Proyecto de Puentes.
- c.c.p. Archivo.

CKR/RMS/elg.


 DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 DIRECCION DE PROYECTO DE PUENTES
 E INGENIERIA EXPERIMENTAL
 OFICIO-CIRCULAR No. 103.203.411/265

AREA DE COMUNICACIONES

Y

TRANSPORTES

Ciudad de México, 22 de noviembre de 1990

CC. INGS. PROYECTISTAS DE PUENTES
P R E S E N T E .

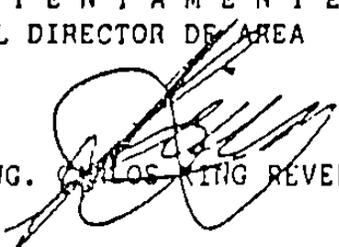
Hago del conocimiento de ustedes que, atendiendo las necesidades constructivas en nuestro país, para las estructuras de puentes para Carreteras - Tipo " A ", deberán ser proyectadas estructuralmente con un ancho de gálibo horizontal de 3.05 m (10 pies) y nó de 3.66 m (12 pies) de acuerdo a lo siguiente :

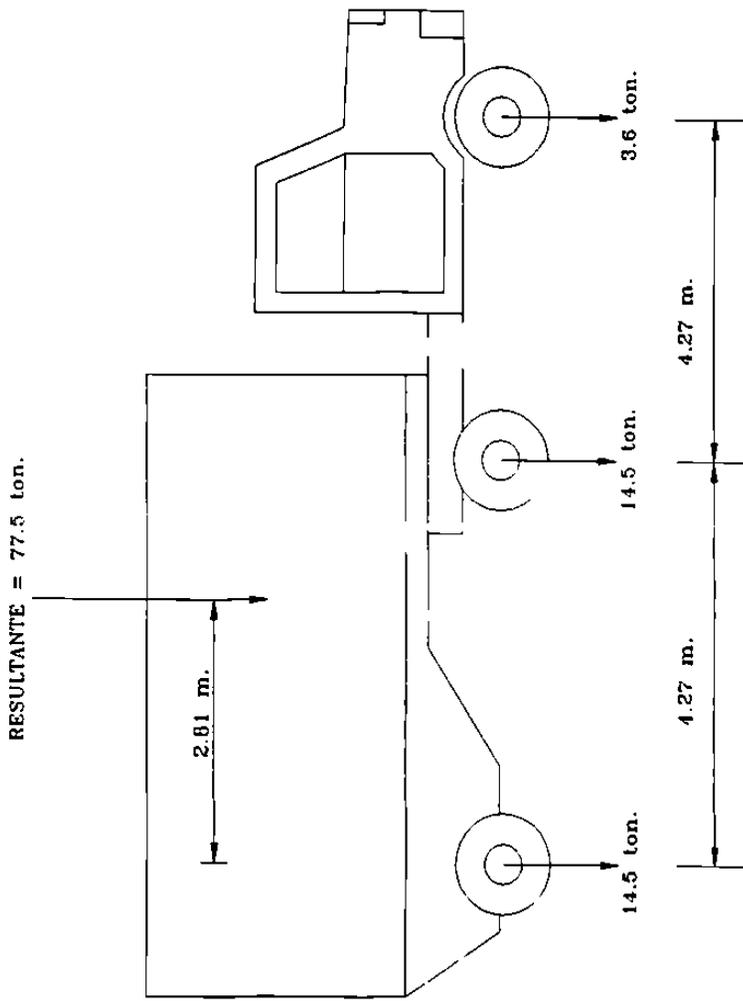
<u>Ancho de Calzada</u> (m)	<u>Nº de bandas de circulación y tipo de Carga.</u>
de 6.10 a 9.14	Dos carriles; uno con T3-S2-R4 y el - - otro con HS-20.
9.15 a 12.19	Tres carriles; uno con T3-S2-R4 y los - otros dos con HS-20.
12.20 a 15.24	Cuatro carriles; uno con T3-S2-R4 y - - los otros tres con HS-20.
15.25 a 18.29	Cinco carriles; uno con T3-S2-R4 y los otros cuatro con HS-20.
18.30 a 21.34	Seis carriles; uno con T3-S2-R4 y los - otros cinco con HS-20.

En el análisis de la superestructura y/o de la subestructura, se deberá tener en consideración la posición más desfavorable de la posición de la carga viva tanto longitudinal, como transversalmente; en este último caso se tomará el ancho establecido de 3.05 m. para cada banda de circulación.

A T E N T A M E N T E
EL DIRECTOR DE AREA

ING. CARLOS KING REVELO

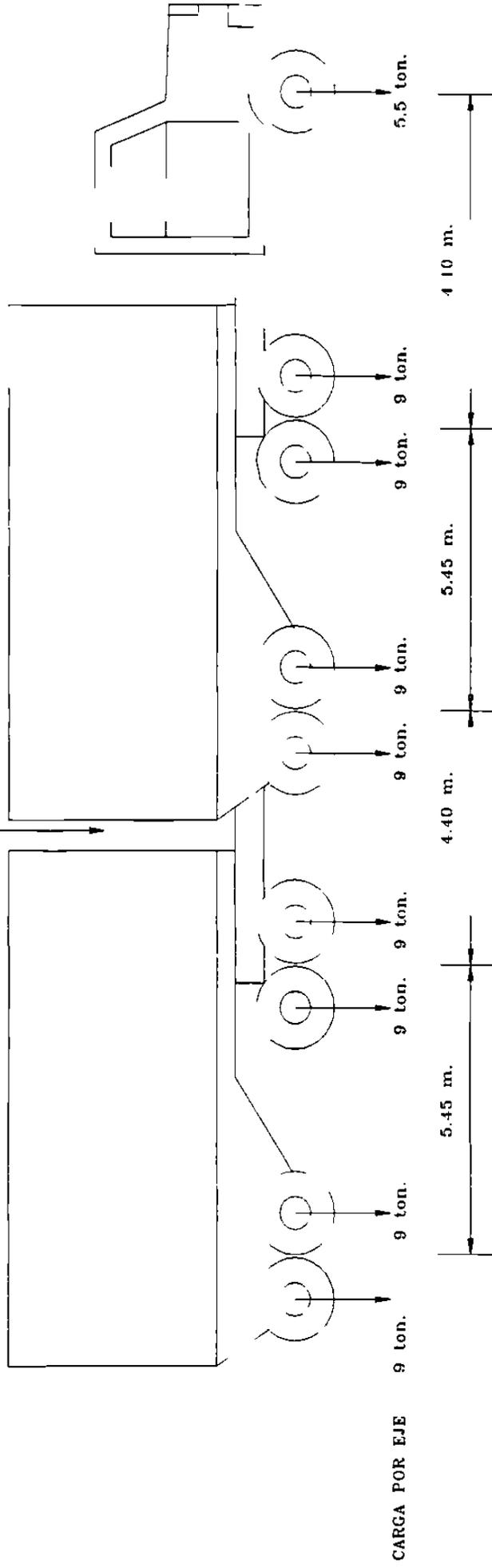




V E H I C U L O H S - 20 - 44

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS

RESULTANTE = 77.5 ton.



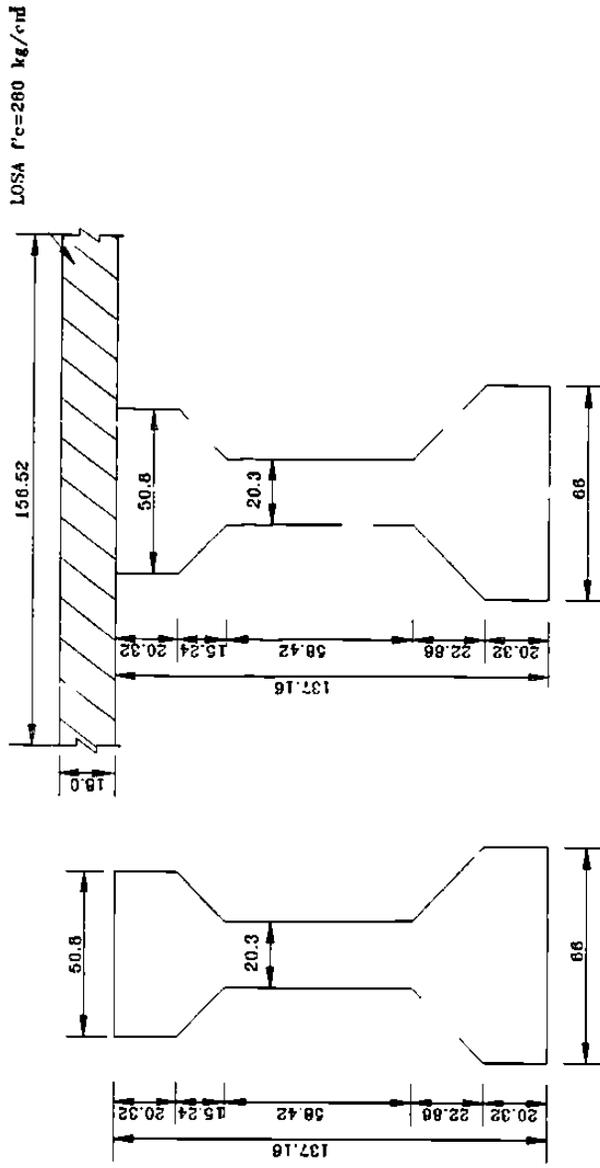
V E H Í C U L O T3 - S2 - R4

SCT DIRECCIÓN GENERAL DE AUTOTRANSPORTE FEDERAL

ANEXO III

Propiedades geométricas de las vigas tipo “AASHTO”.

TRABE AASHTO TIPO IV



SECCIÓN SIMPLE

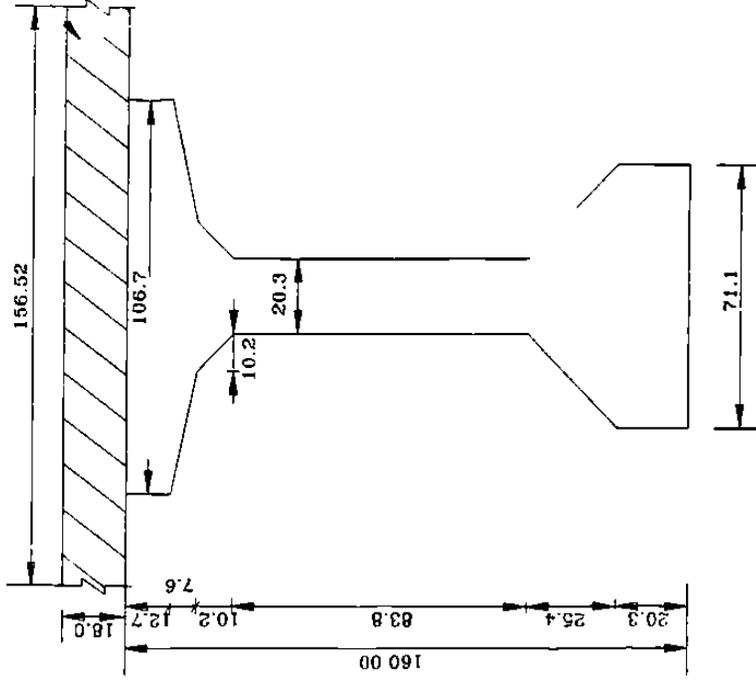
A	= 5,090.31	cm ²
I _x	= 10,852,860	cm ⁴
C _i	= 62.81	cm
C _s	= 74.34	cm
S _i	= 172,788.73	cm ³
S _s	= 145,989.51	cm ³

SECCIÓN COMPUESTA

A	= 7,907.67	cm ²
I _x	= 23,262,381	cm ⁴
C _i	= 92.51	cm
C _s	= 62.65	cm
S _i	= 251,498.02	cm ³
S _s	= 371,306.96	cm ³

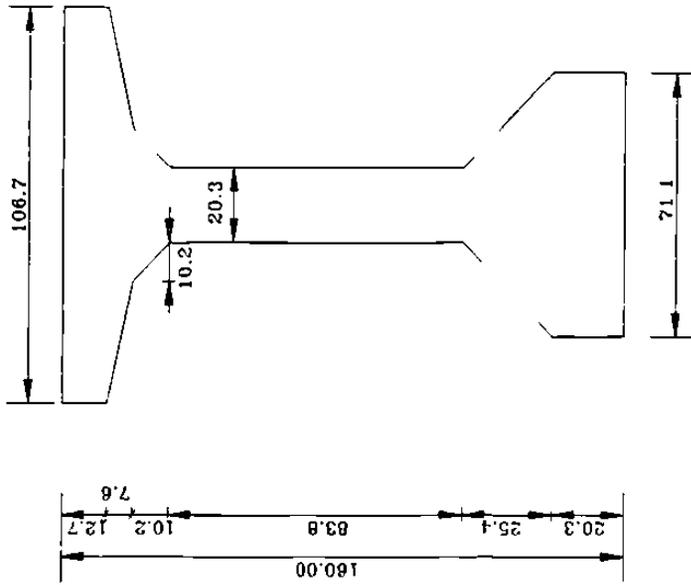
TRABE A ASHTO TIPO V

LOSA $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$



SECCIÓN COMPUTADA

A	= 9,352.40	cm ²
Ix	= 36;937,328	cm ⁴
Ci	= 107.6	cm
Cs	= 70.40	cm
Si	= 343,283.72	cm ³
Ss	= 524,677.95	cm ³

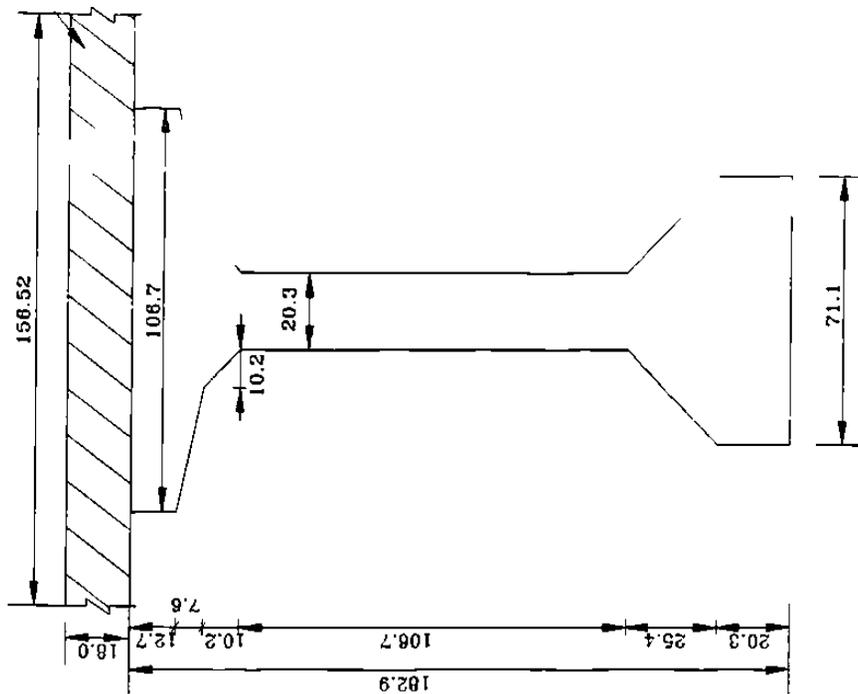


SECCIÓN SIMPLE

A	= 6,535.00	cm ²
Ix	= 21;690,000	cm ⁴
Ci	= 81.20	cm
Cs	= 78.80	cm
Si	= 267,118.23	cm ³
Ss	= 275,253.81	cm ³

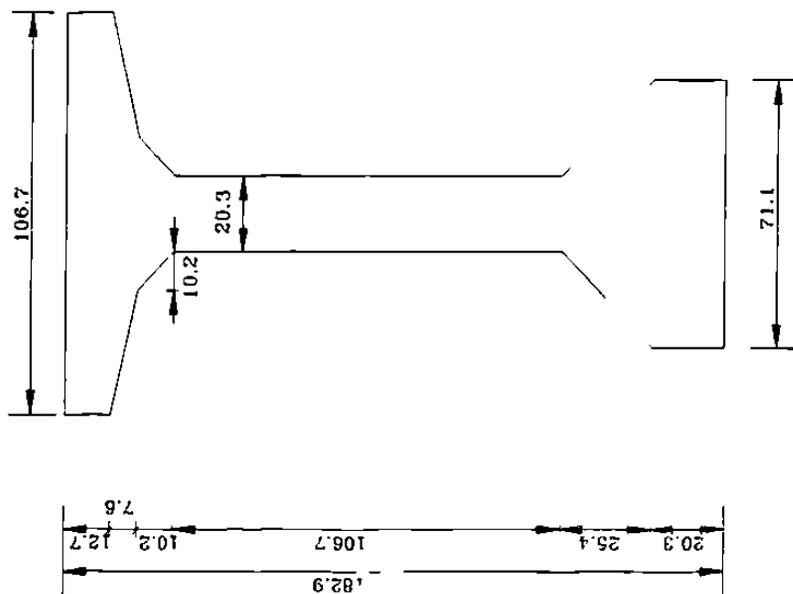
TRABE A ASHTO TIPO VI

LOSA $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$



SECCIÓN COMPUESTA

$A = 10,006.07 \text{ cm}^2$
 $I_x = 50,857,582 \text{ cm}^4$
 $C_i = 121.86 \text{ cm}$
 $C_s = 79.04 \text{ cm}$
 $S_i = 417,344.35 \text{ cm}^3$
 $S_s = 613,441.07 \text{ cm}^3$



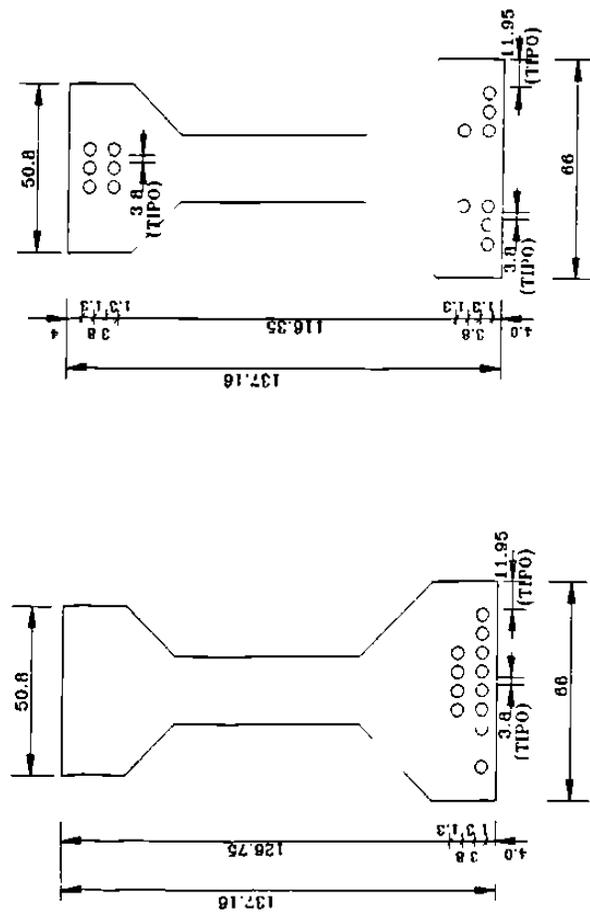
SECCIÓN SIMPLE

$A = 7,000.00 \text{ cm}^2$
 $I_x = 30,520,000 \text{ cm}^4$
 $C_i = 92.40 \text{ cm}$
 $C_s = 90.50 \text{ cm}$
 $S_i = 330,303.00 \text{ cm}^3$
 $S_s = 337,237.57 \text{ cm}^3$

ANEXO IV

**Ubicación del centro de gravedad del acero de
presfuerzo en las vigas tipo “AASHTO”**

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



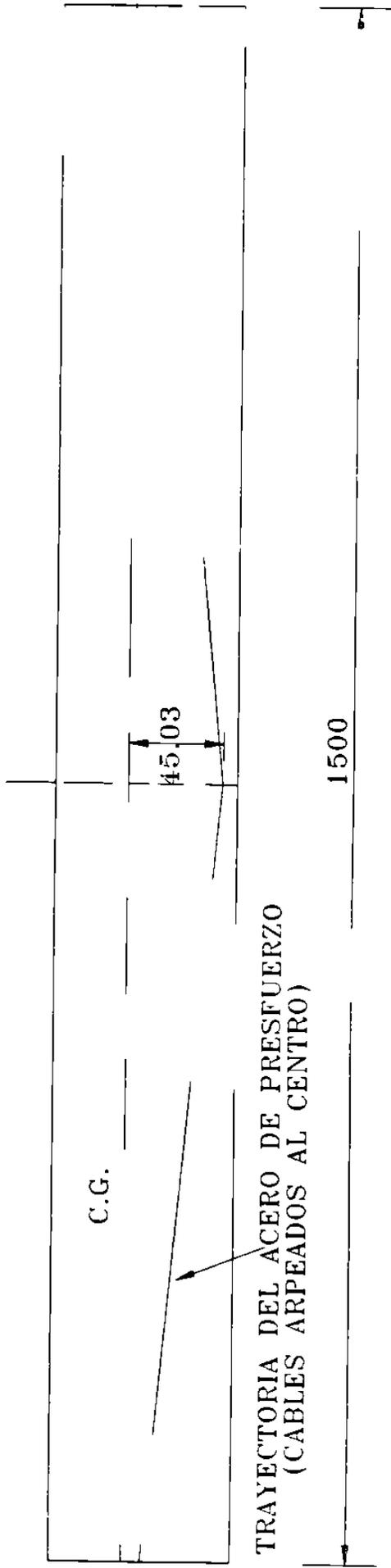
EN EL CENTRO DEL CLARO EN EL EXTREMO DEL CLARO

$e = 45.03 \text{ cm}$

$e = 3.73 \text{ cm}$

VIGA PRETENSADA
CLARO DE 15 m.

4



3.73

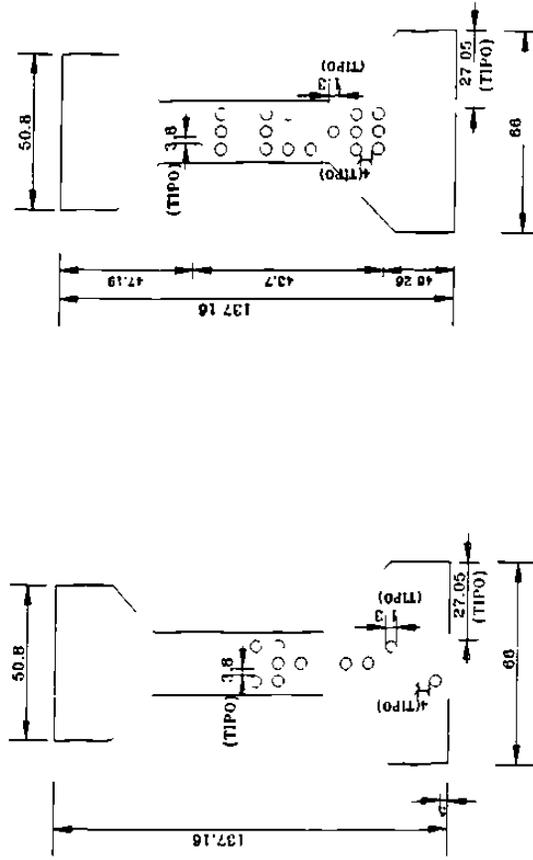
TRAYECTORIA DEL ACERO DE PRESFUERZO
(CABLES ARPEADOS AL CENTRO)

45.03

1500

C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P R E T E N S A D A

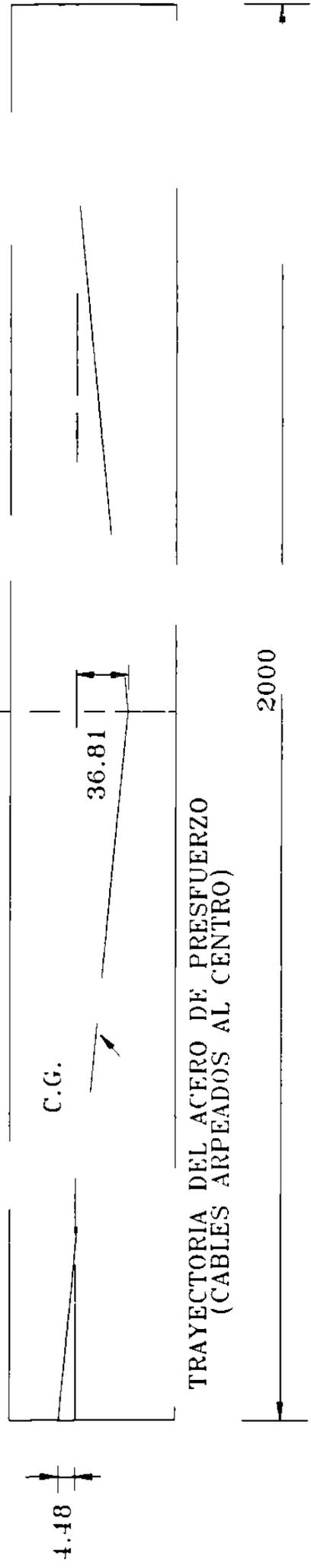
UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



EN EL CENTRO DEL CLARO EN EL EXTREMO DEL CLARO

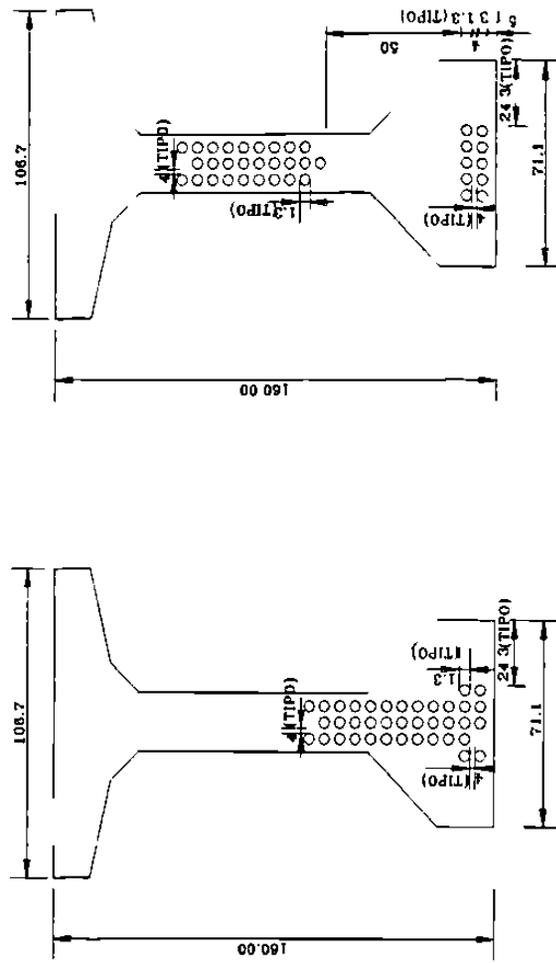
e = 36.81 cm e = 4.48 cm

V I G A P R E T E N S A D A
CLARO DE 20 m.



C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P R E T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO

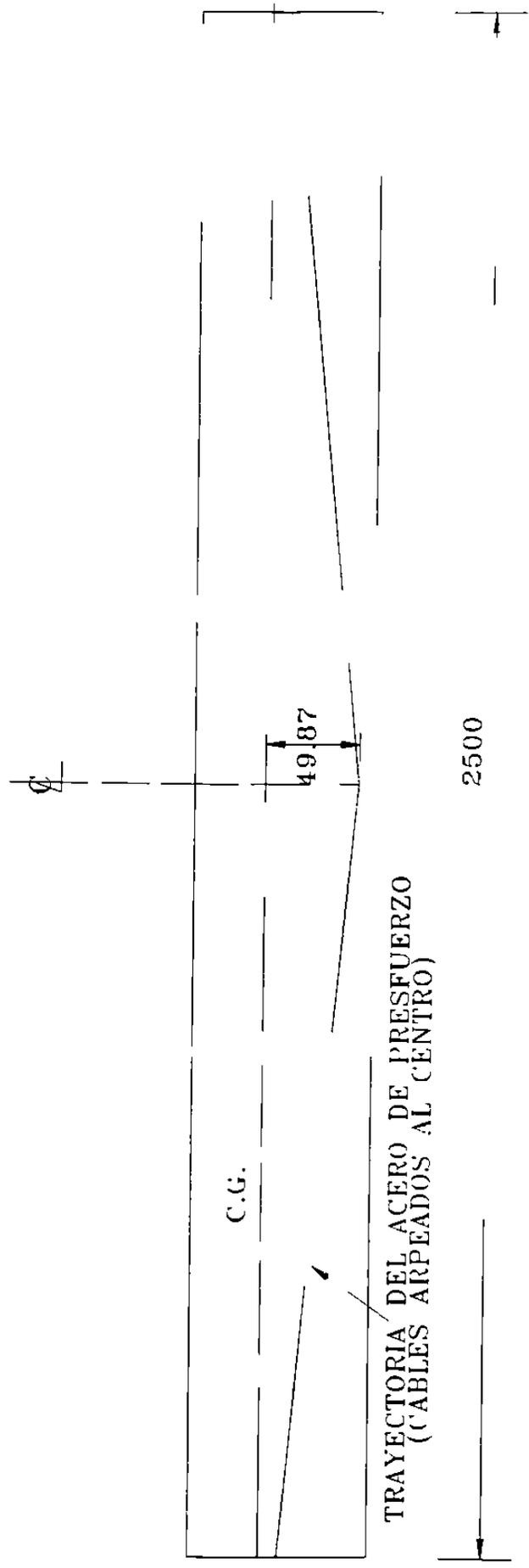


EN EL CENTRO DEL CLARO
e = 49.87 cm

EN EL EXTREMO DEL CLARO
e = 16.24 cm

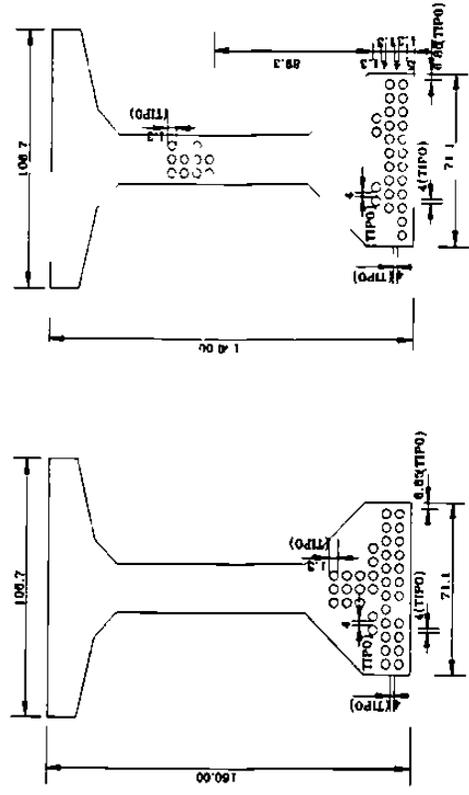
VIGA PRETENSADA
CLARO DE 25 m.

16.24



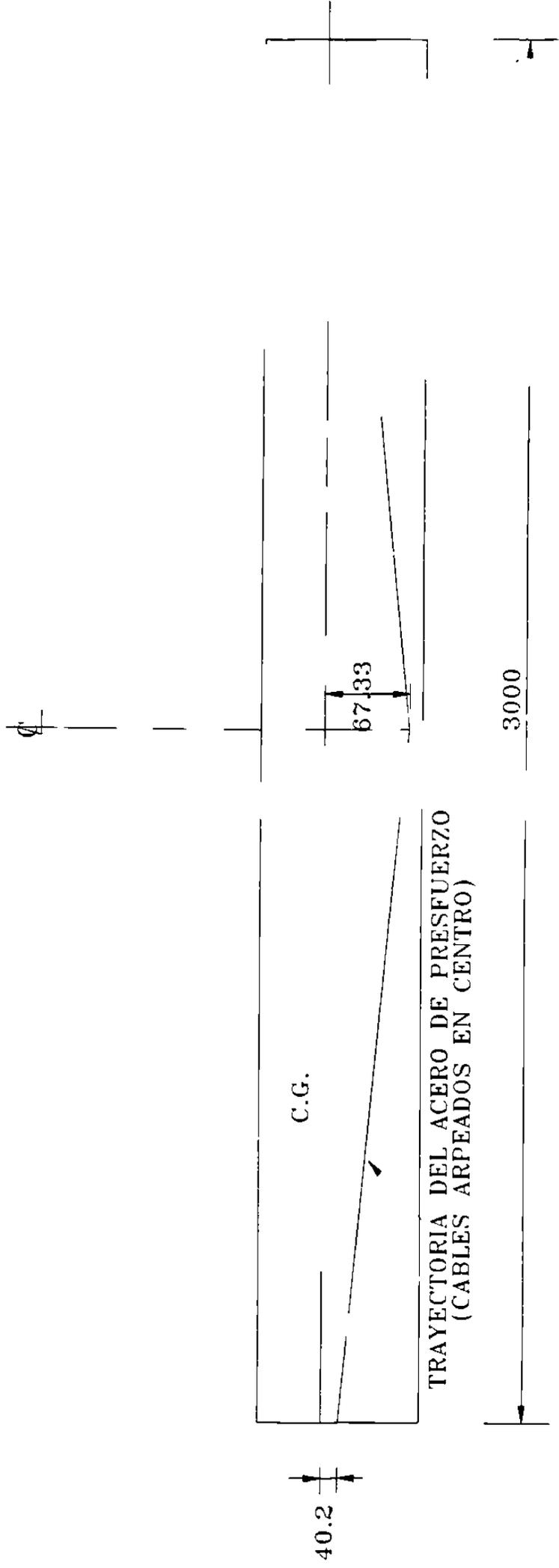
C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P R E T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



EN EL CENTRO DEL CLARO EN EL EXTREMO DEL CLARO
e = 67.33 cm e = 10.2 cm

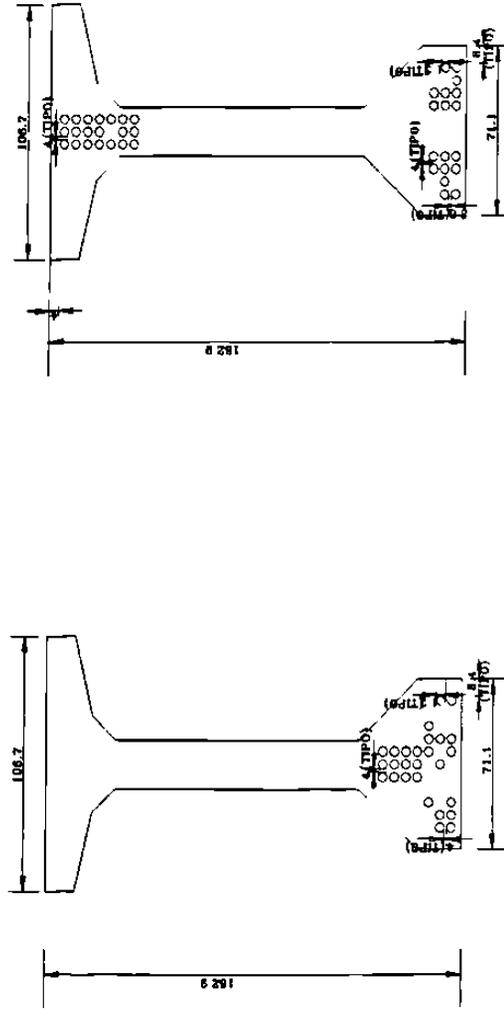
VIGA PERTENSADA
CLARO DE 30 m.



TRAYECTORIA DEL ACERO DE PRESFUERZO
(CABLES ARPEADOS EN CENTRO)

C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P R E T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



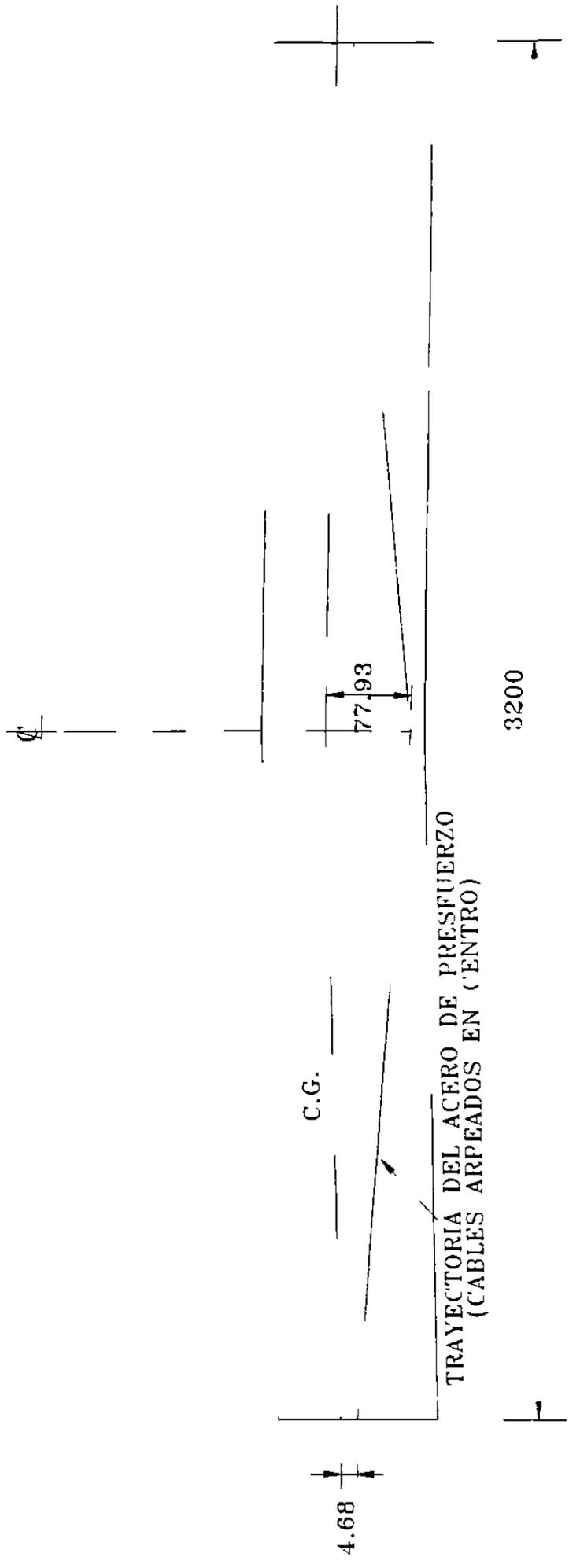
EN EL CENTRO DEL CLARO

= e = 77.93 cm

EN EL CENTRO DEL CLARO

= e = 4.68 cm

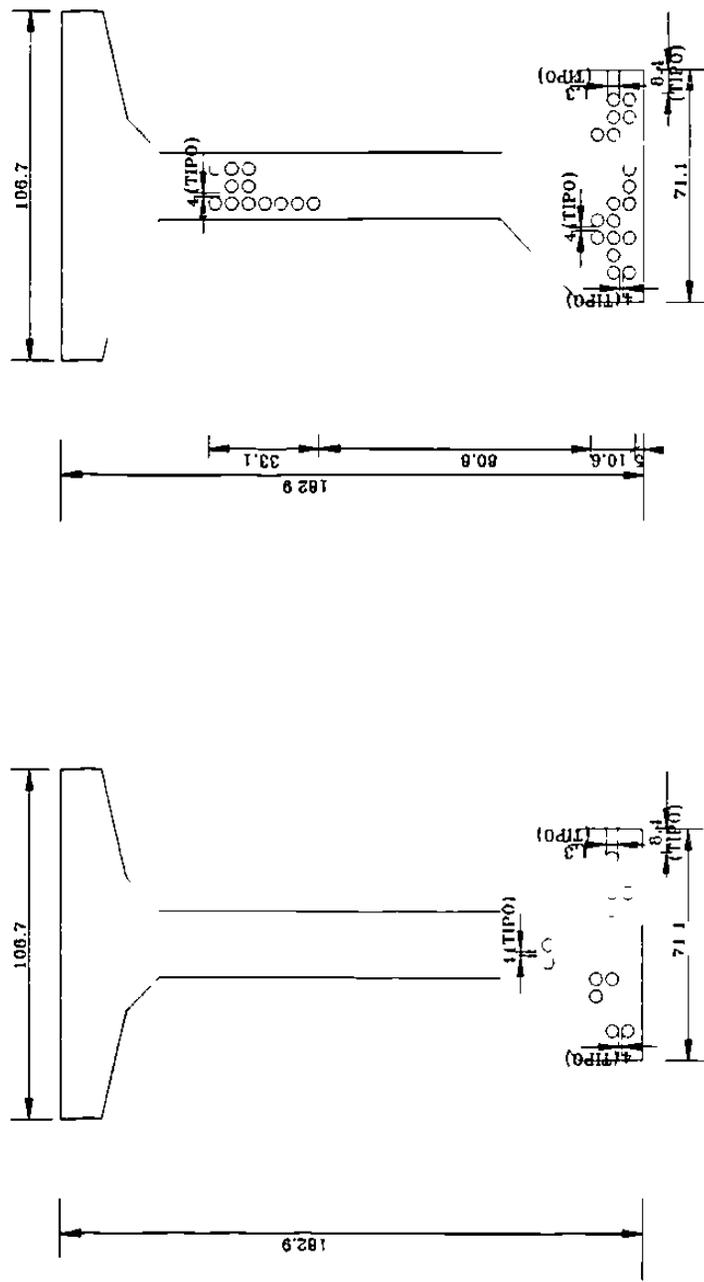
VIGA PRETENSADA
CLARO DE 32 m.



TRAYECTORIA DEL ACERO DE PRESFUERZO
(CABLES ARPEADOS EN CENTRO)

C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P R E T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



EN EL CENTRO DEL CLARO

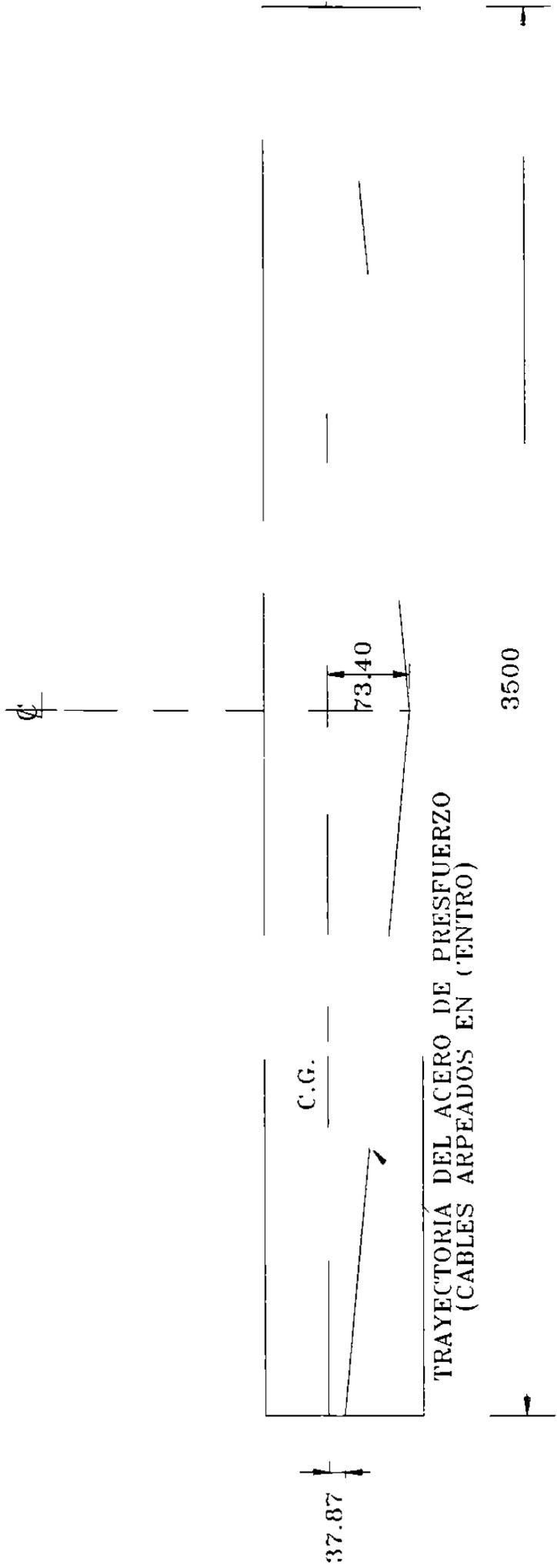
$e = 73.1 \text{ cm}$

EN EL EXTREMO DEL CLARO

$e = 37.87 \text{ cm}$

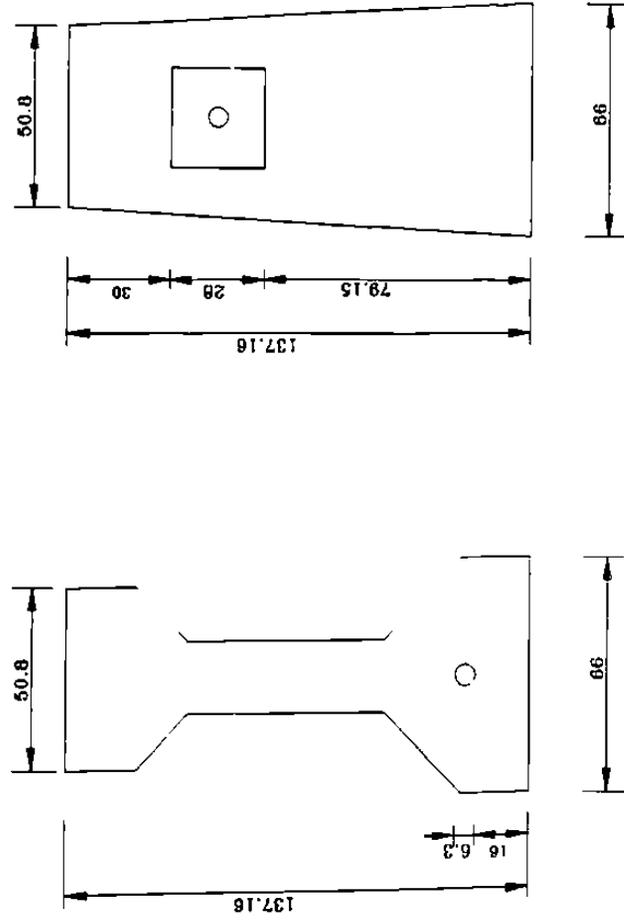
VIGA PRETENSADA

CLARO DE 35 m.



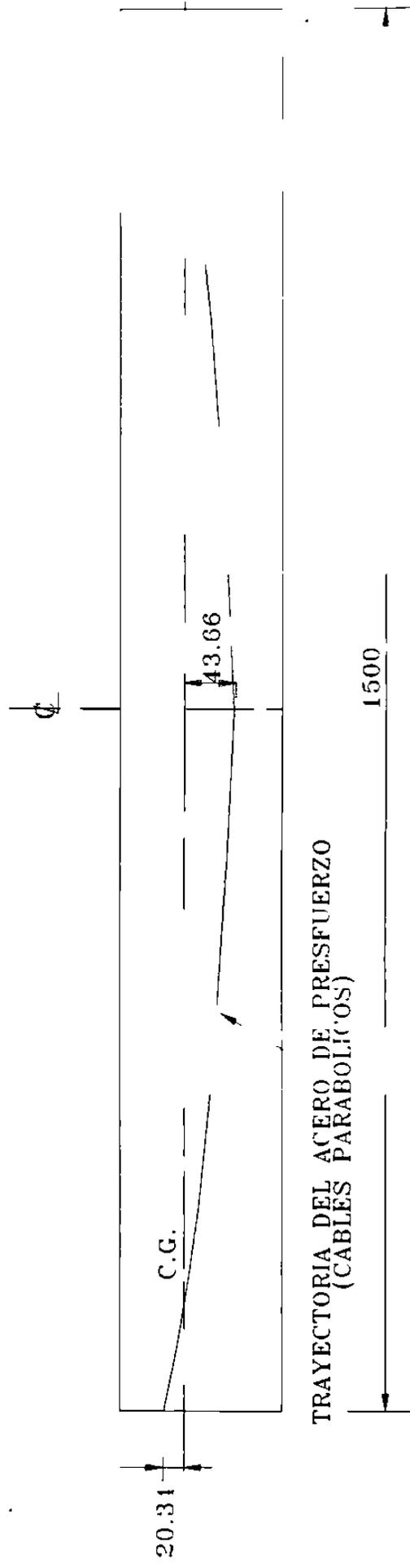
C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P R E T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



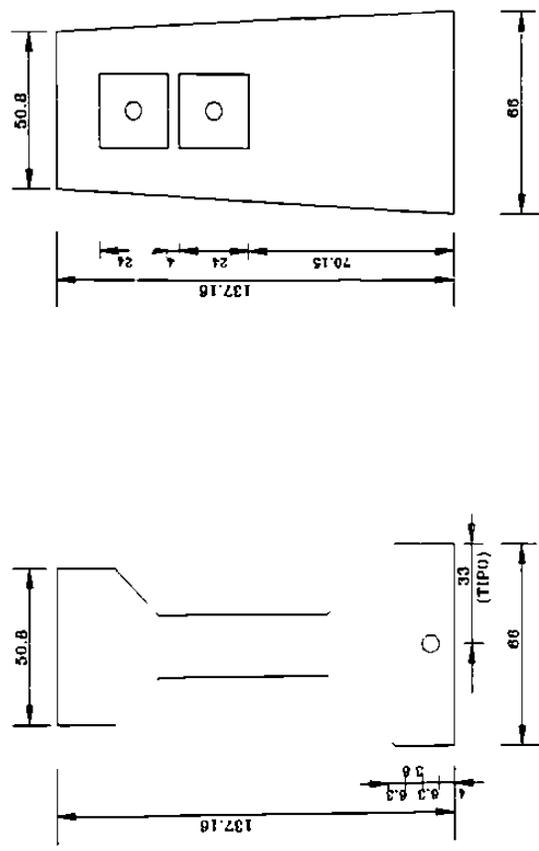
EN EL CENTRO DEL CLARO EN EL EXTREMO DEL CLARO
 $e = 43.66 \text{ cm}$ $e = 20.34 \text{ cm}$

VIGA POSTENSADA
 CLARO DE 15 m.



C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P O S T T E N S A D A

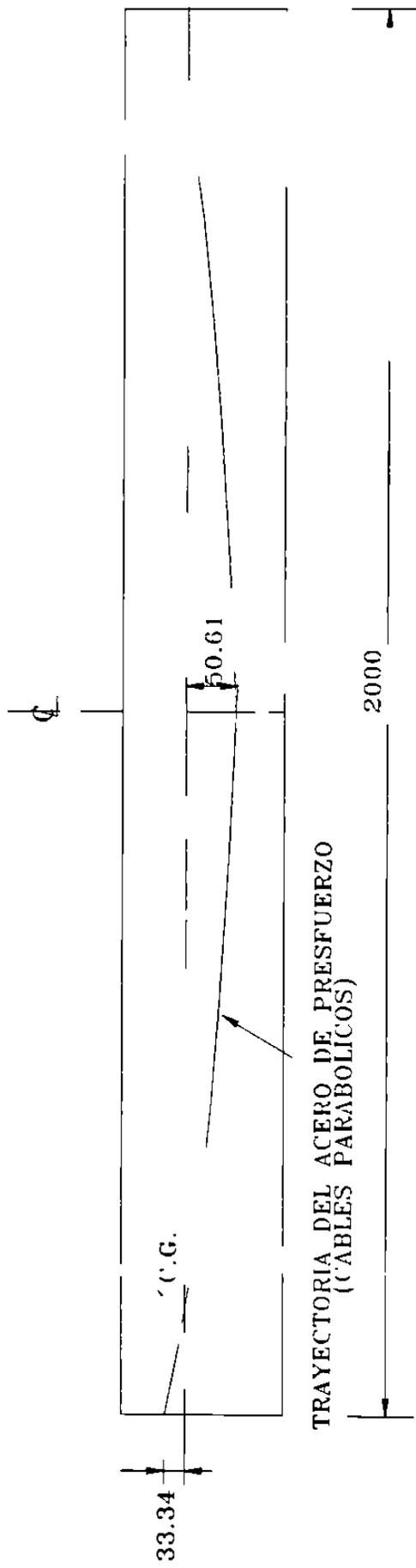
UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



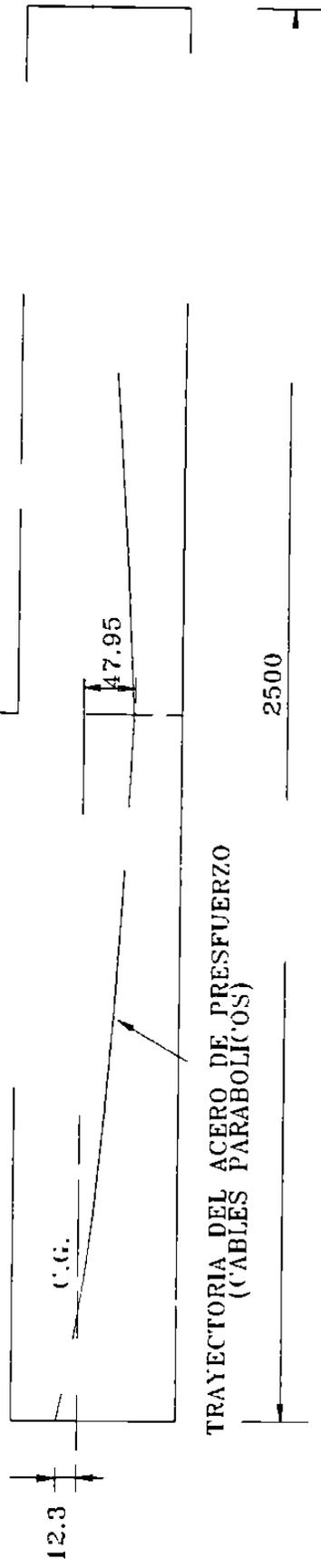
EN EL CENTRO DEL CLARO EN EL EXTREMO DEL CLARO

$e = 50.61 \text{ cm}$ $e = 33.34 \text{ cm}$

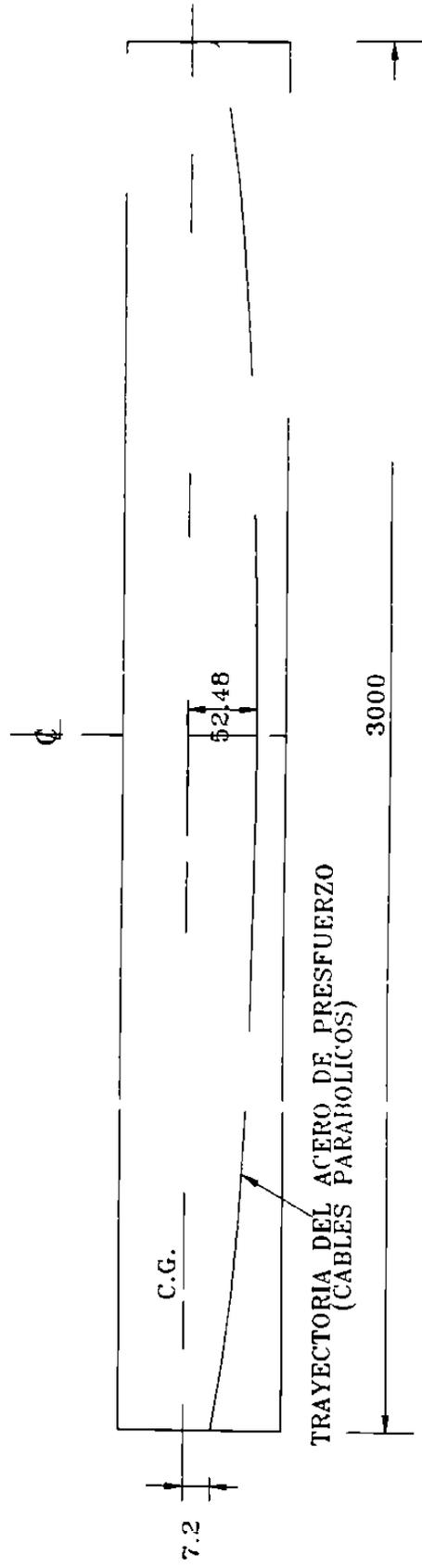
VIGA POSTENSADA
CLARO DE 20 m.



C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P O S T E N S A D A

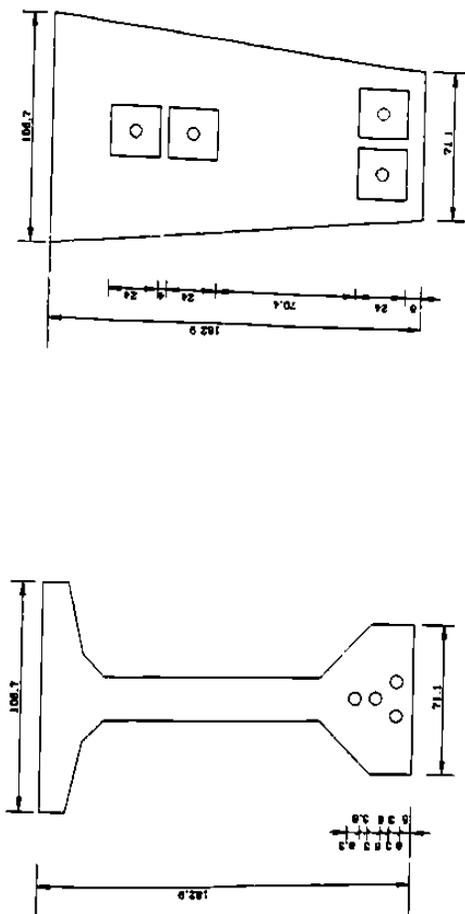


C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P O S T E N S A D A



C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P O S T T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



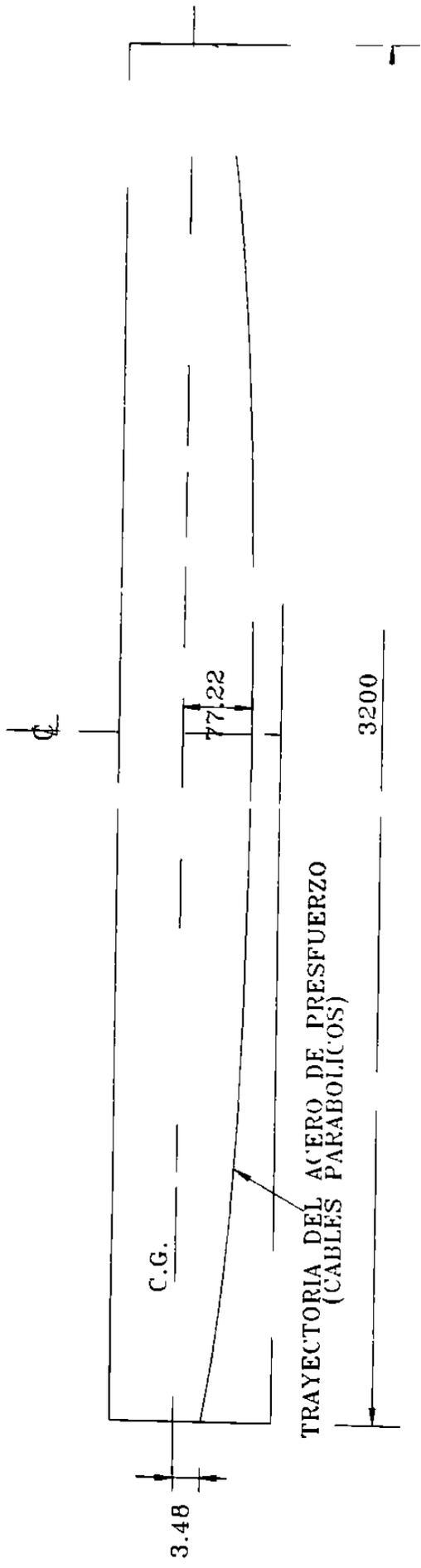
EN EL CENTRO DEL CLARO

$e = 77.22 \text{ cm}$

EN EL CENTRO DEL CLARO

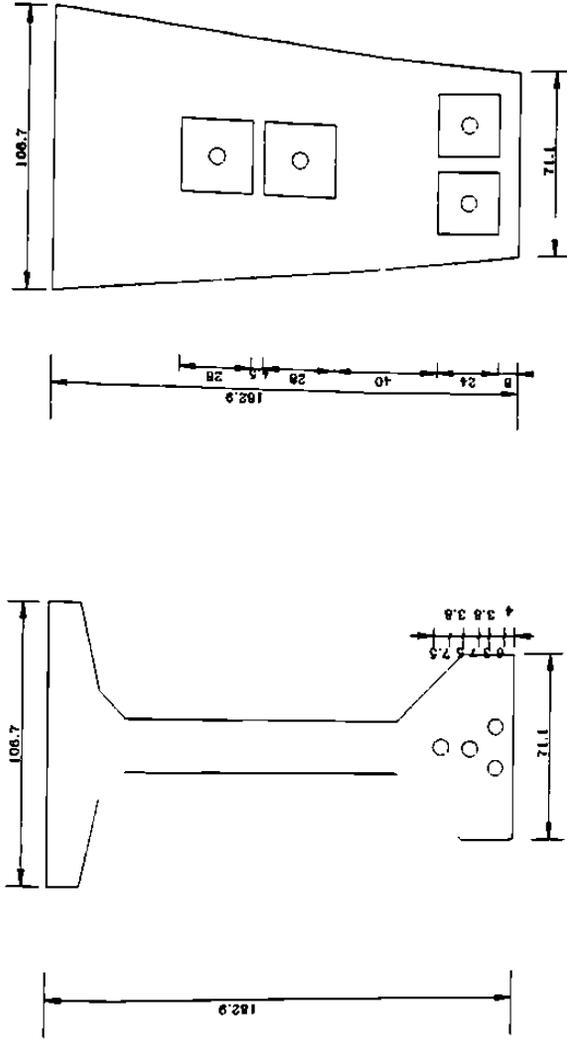
$e = 3.48 \text{ cm}$

VIGA POSTENSADA
CLARO DE 32 m.



C O R T E L O N G I T U D I N A L
D E V I G A P O S T E N S A D A

UBICACIÓN DEL ACERO
DE PRESFUERZO



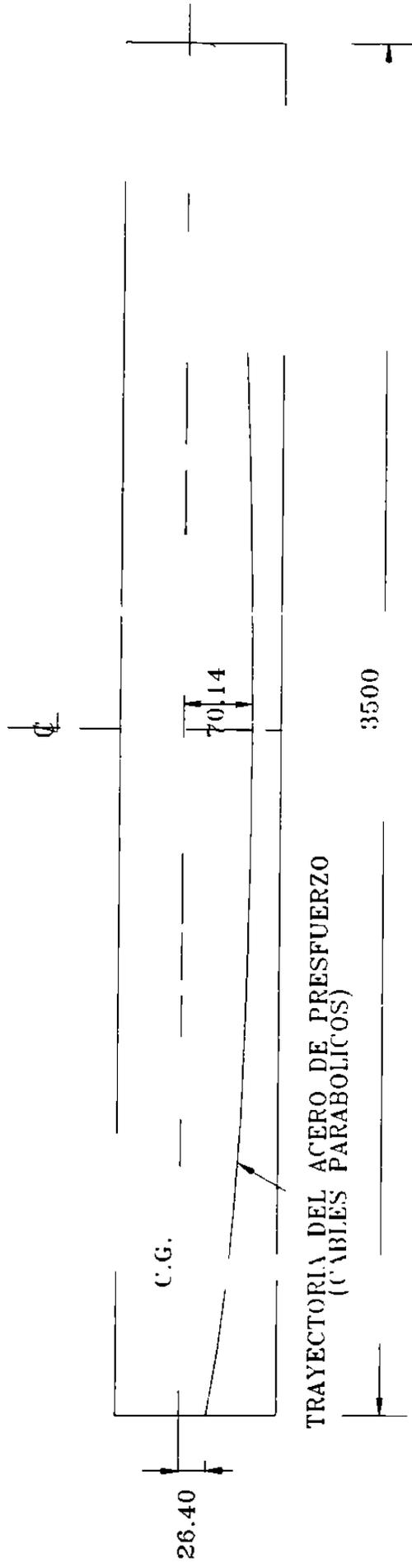
EN EL CENTRO DEL CLARO

$e = 70.14 \text{ cm}$

EN EL EXTREMO DEL CLARO

$e = 26.40 \text{ cm}$

VIGA POSTENSADA
CLARO DE 35 m.

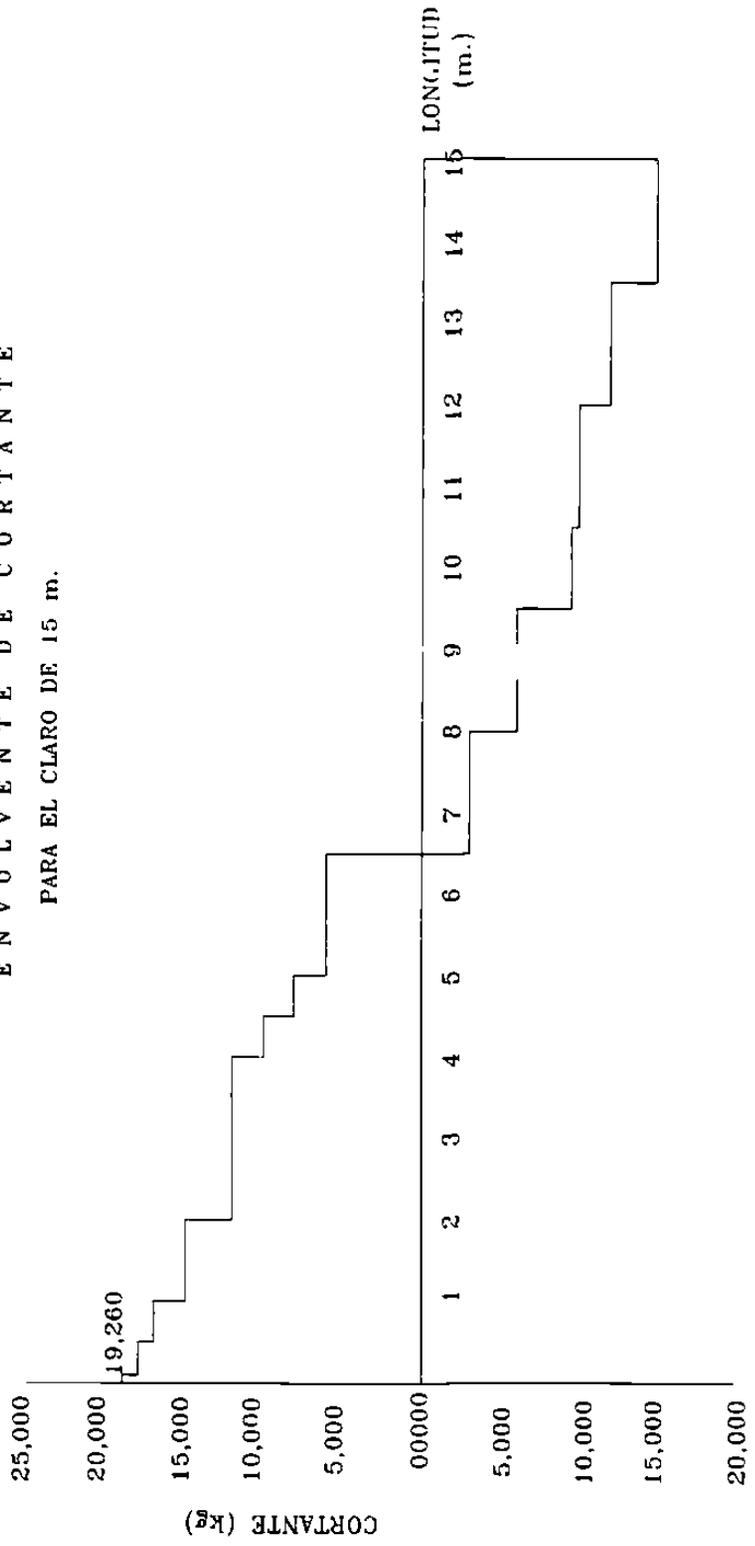


C O R T E L O N G I T U D I N A L
 D E V I G A P O S T E N S A D A

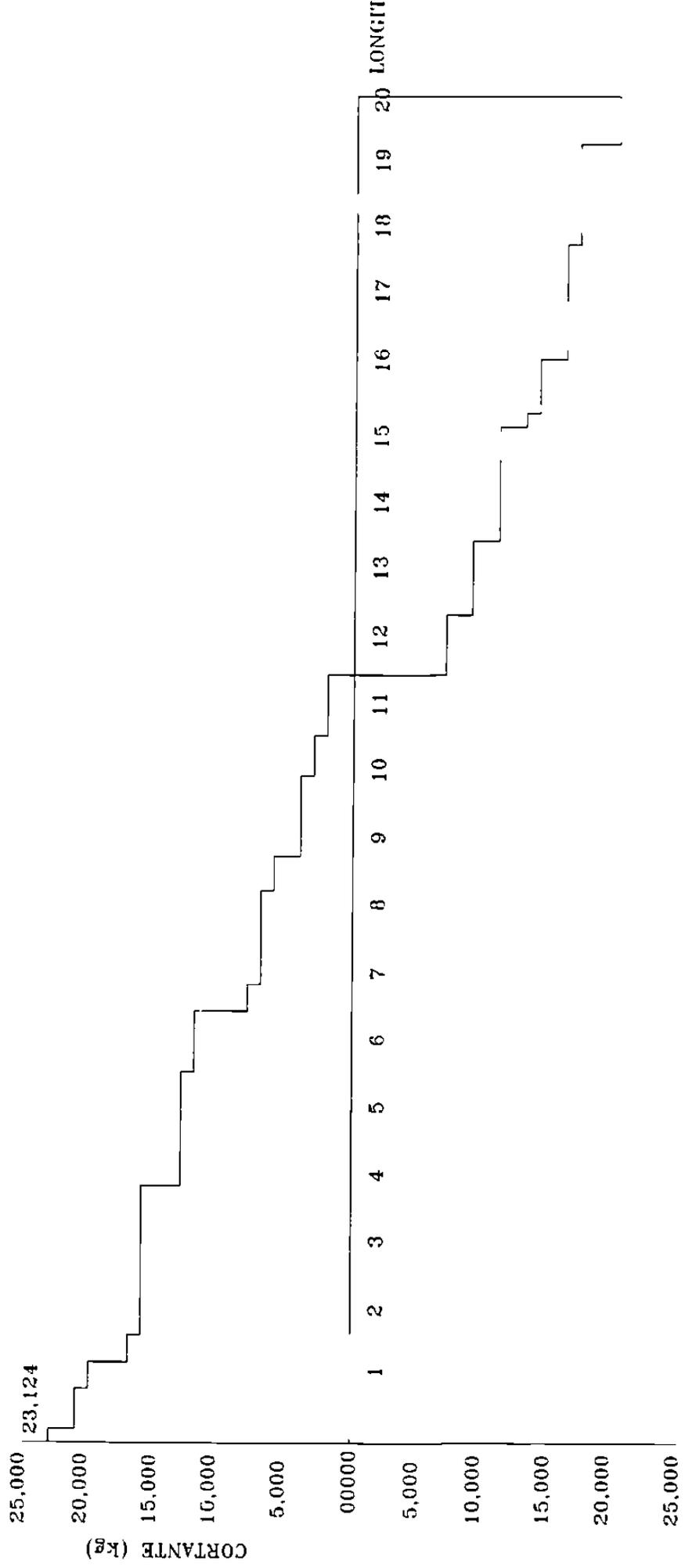
ANEXO V

Diagramas de las envolventes de momentos flexionantes y cortantes actuantes en las vigas tipo "AASHTO" debidos a las cargas moviles

ENVOLVENTE DE CORTANTE
PARA EL CLARO DE 15 m.

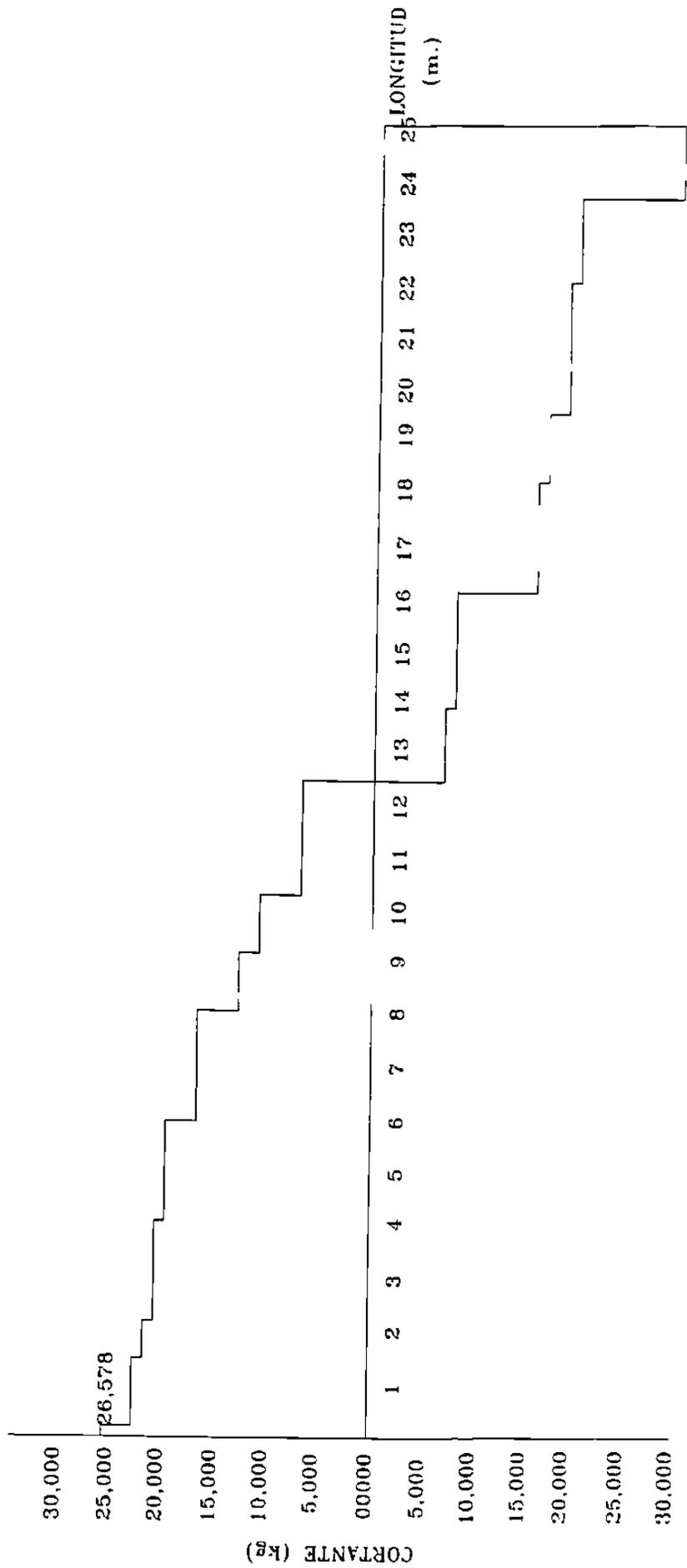


ENVOLVENTE DE CORTANTE
PARA EL CLARO DE 20 m.



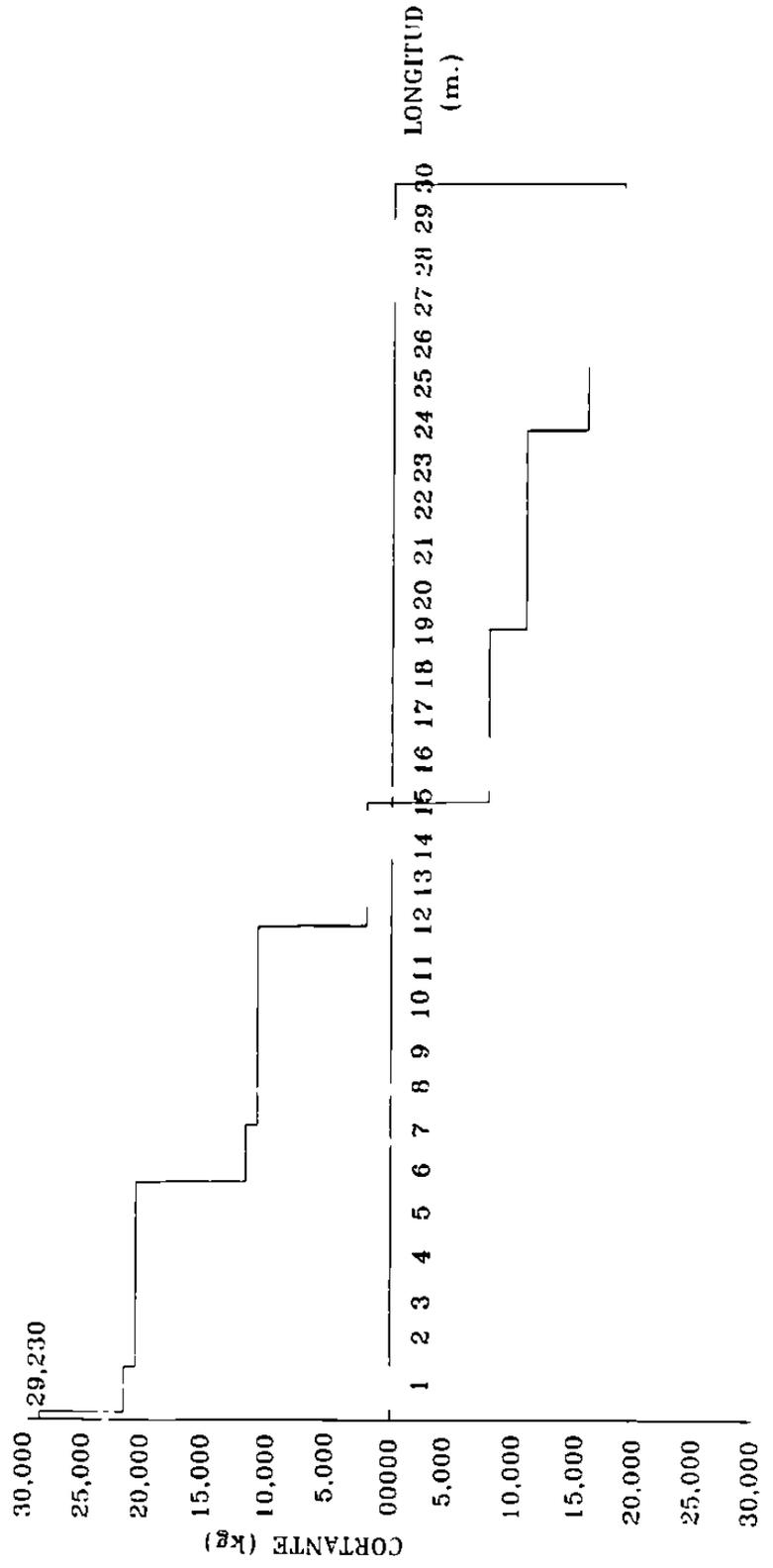
ENVOLVENTE DE CORTANTE

PARA EL CLARO DE 25 m.

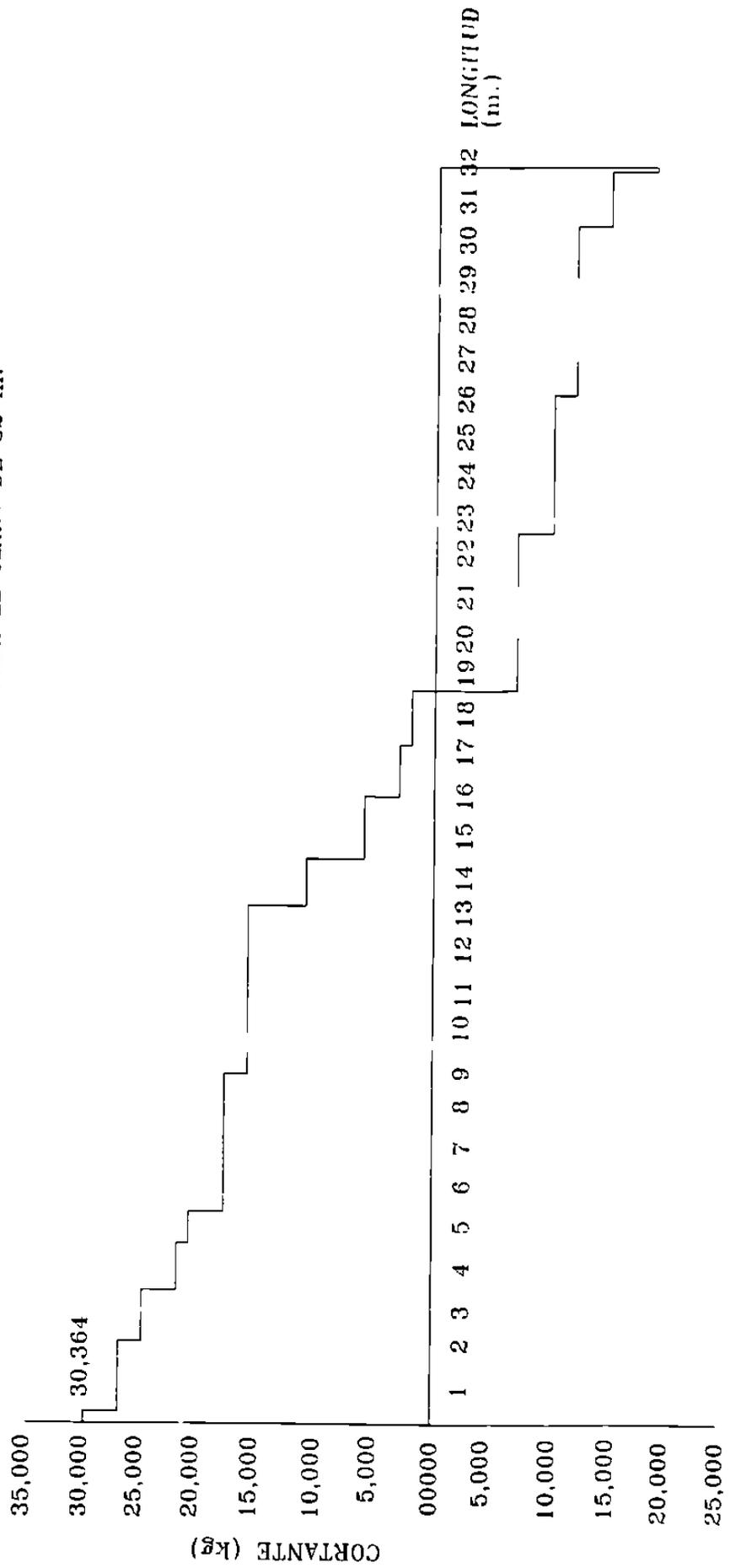


ENVOLVENTE DE CORTANTE

PARA EL CLARO DE 30 m.

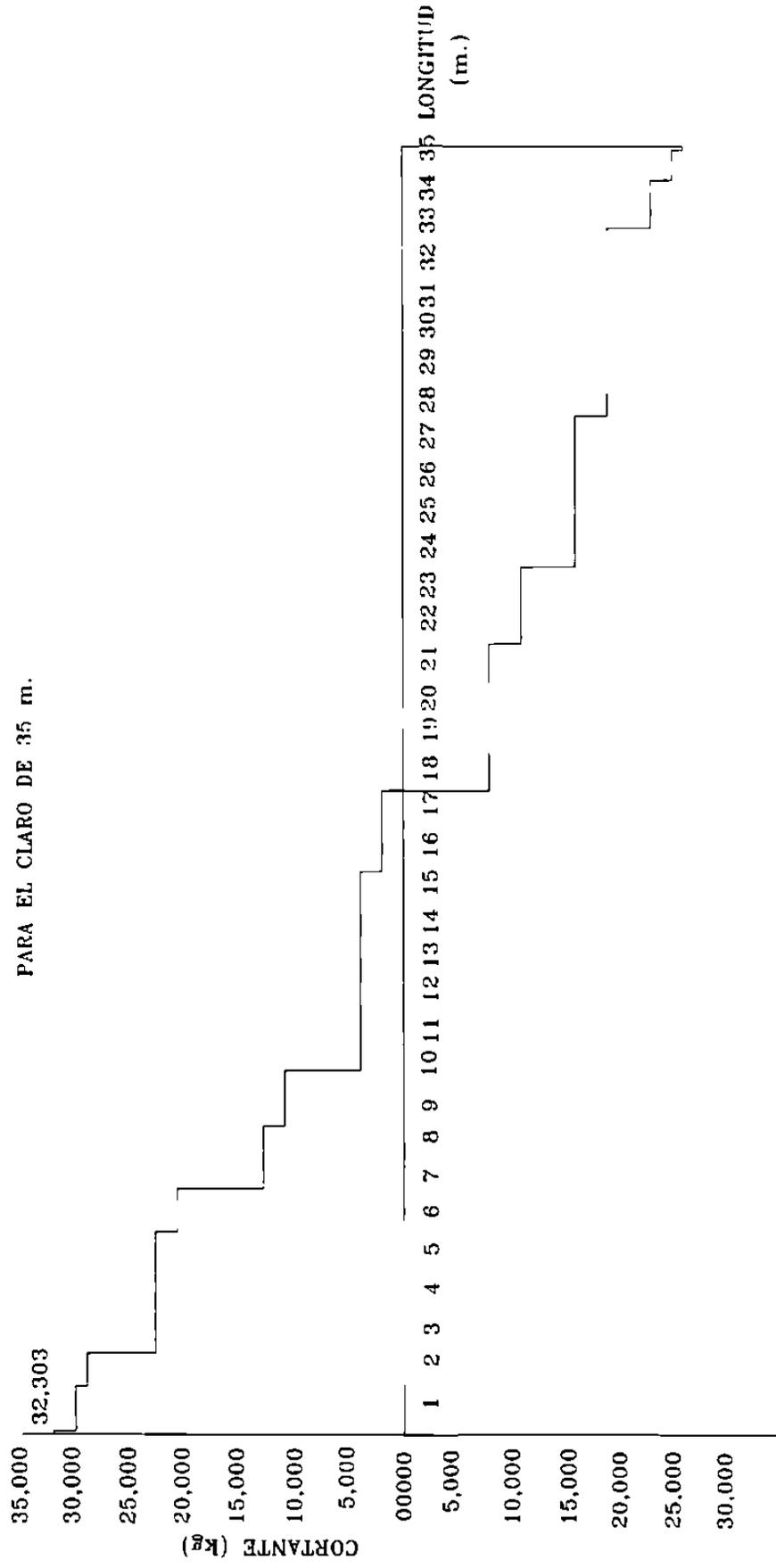


E N V O L V E N T E D E C O R T A N T E
PARA EL CLARO DE 32 m.

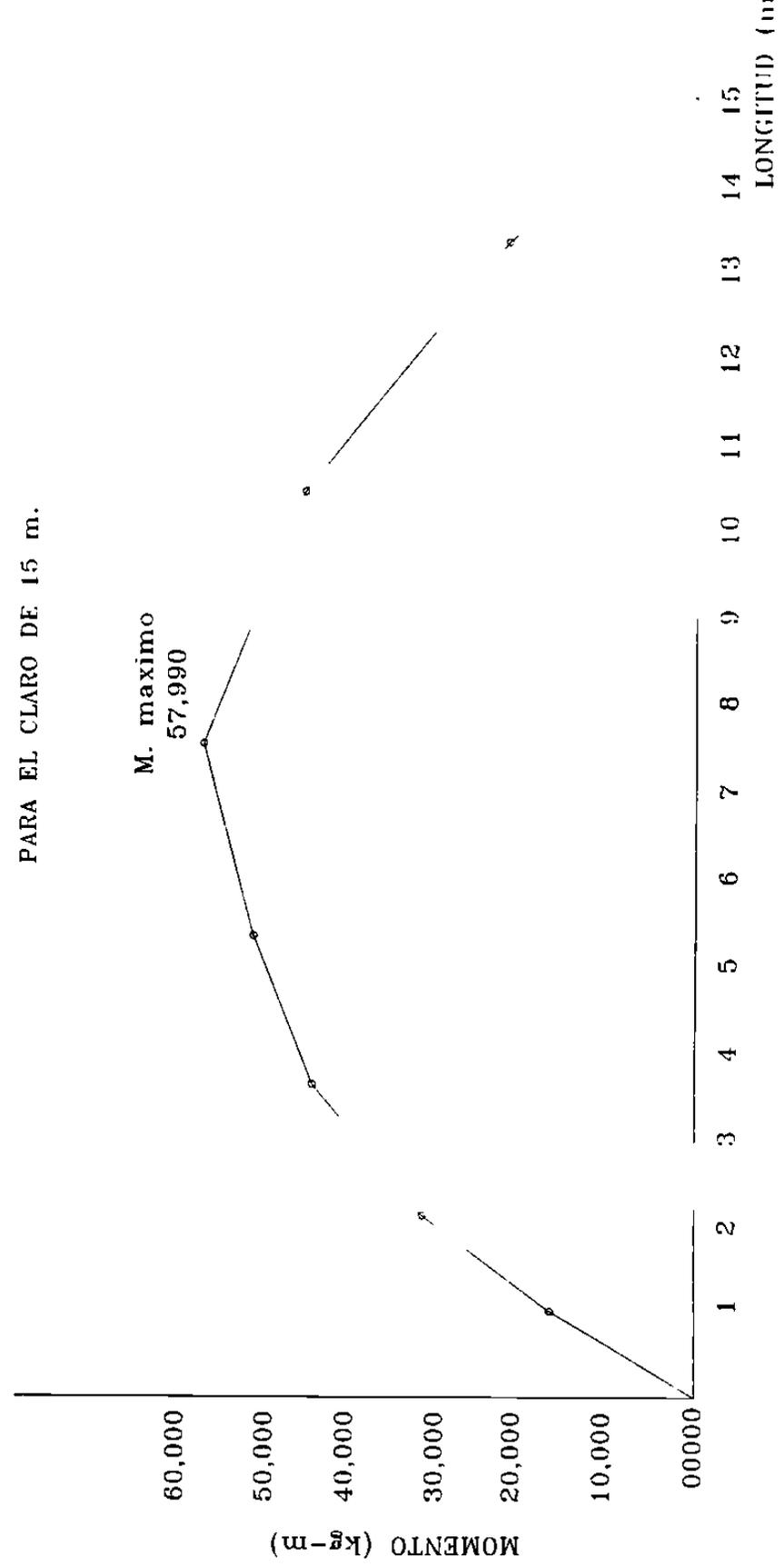


ENVOLVENTE DE CORTANTE

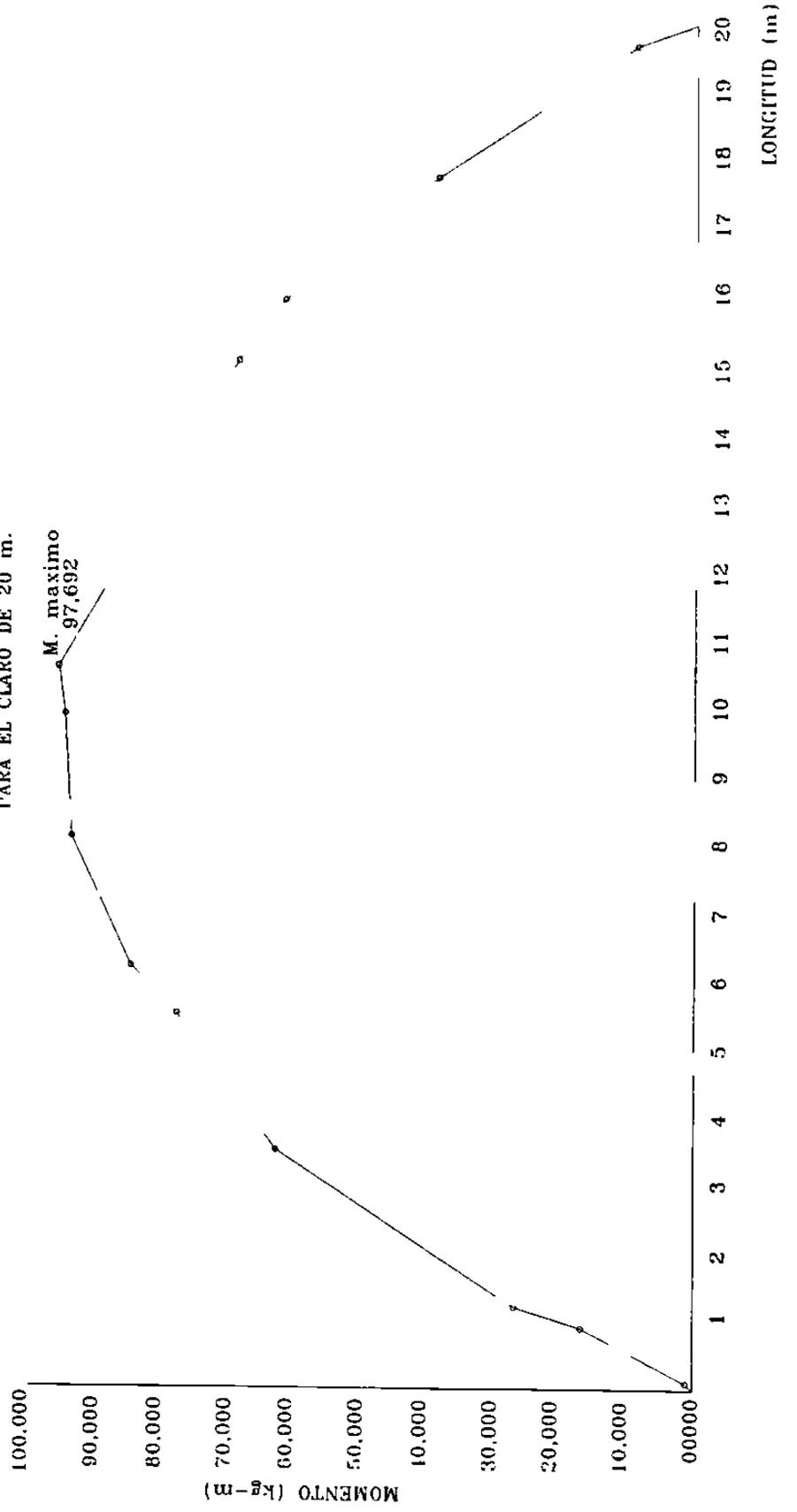
PARA EL CLARO DE 35 m.



E N V O L V E N T E D E M O M E N T O S
PARA EL CLARO DE 15 m.

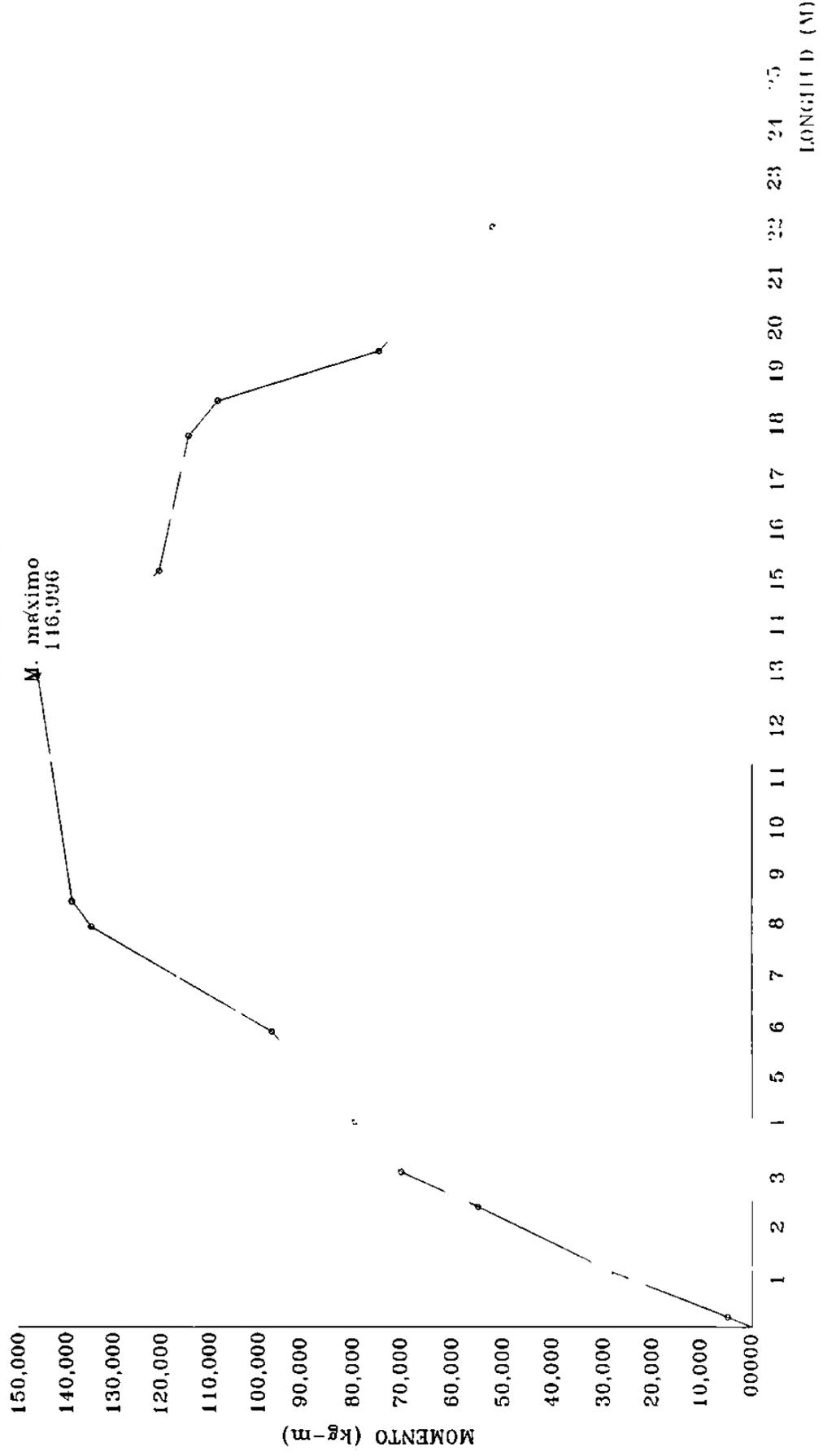


ENVOLVENTE DE MOMENTOS
PARA EL CLARO DE 20 m.



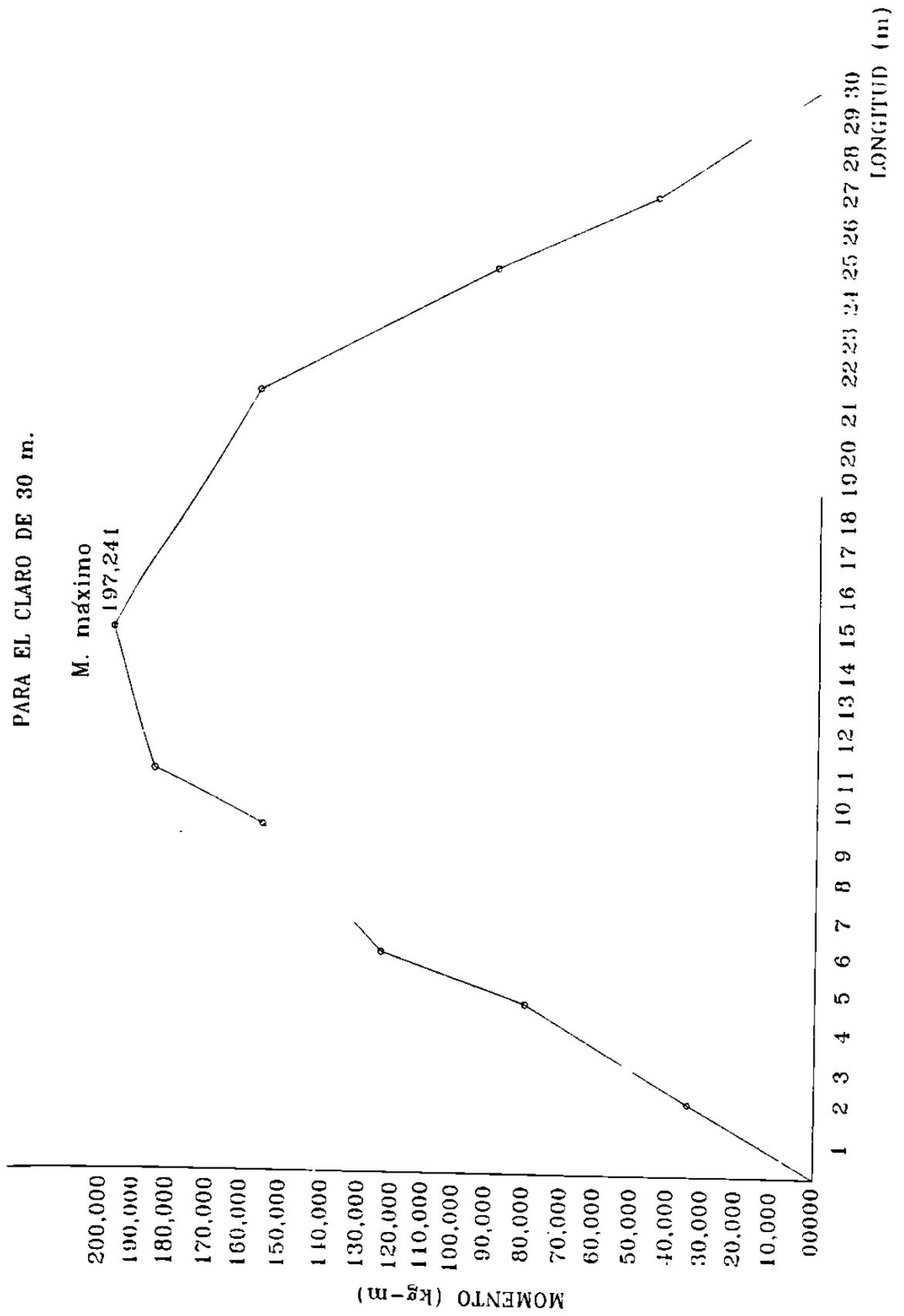
ENVOLVENTE DE MOMENTOS

PARA EL CLARO DE 25 m.



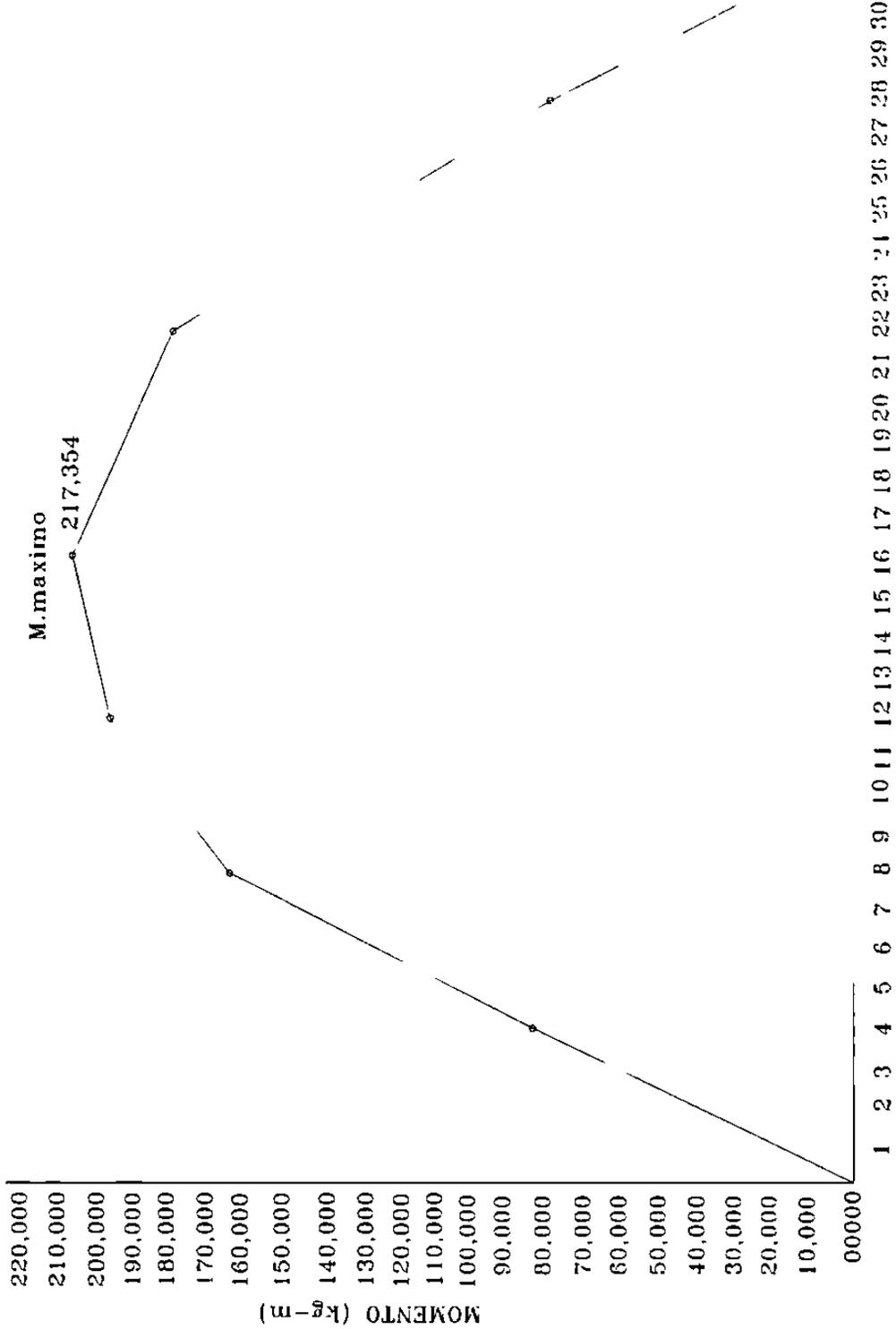
ENVOLVENTE DE MOMENTOS

PARA EL CLARO DE 30 m.



EN VOLVENTE DE MOMENTOS

PARA EL CLARO DE 32 m.



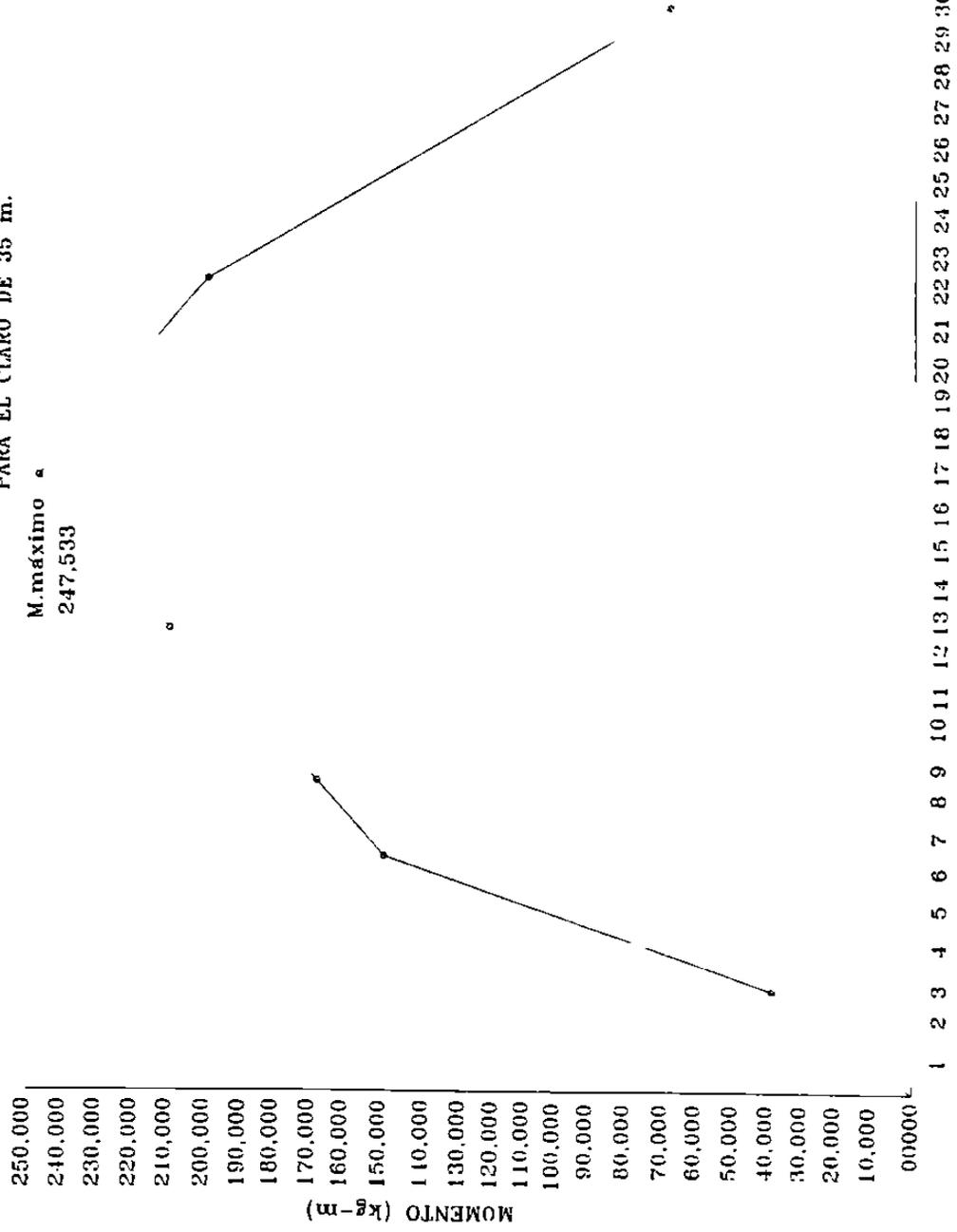
LONGITUD (m)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

ENVOLVENTE DE MOMENTOS

PARA EL CLARO DE 35 m.

M.máximo *
247,533



ANEXO VI

**Acero de refuerzo por cortante
en las vigas tipo “AASHTO”**

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 15 m. PRETENSADA**

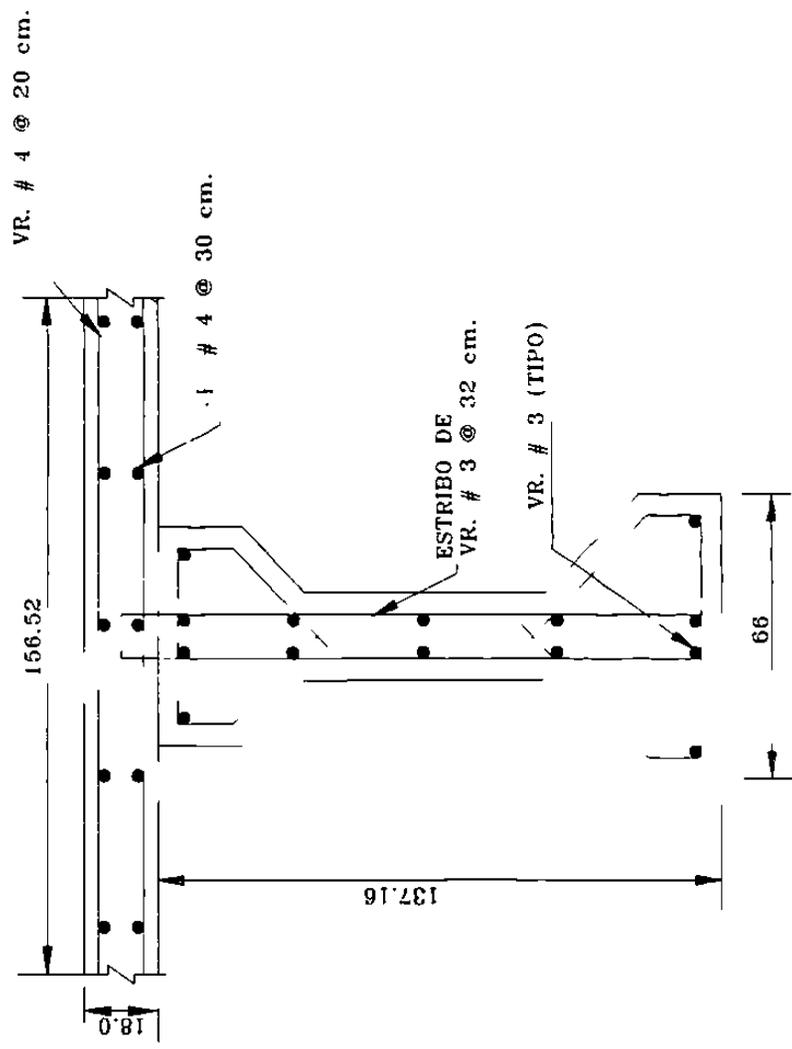
Distancia m	Vci (calc) lbs.	Vci (rige) lbs.	Vcw lbs.	Vc lbs. (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	200,024	200,024
0.60	782,815	782,815	200,024	200,024
2.10	221,197	221,197	200,024	200,024
3.60	145,191	145,191	200,024	145,191
5.10	92,279	92,279	200,024	92,279
7.50	37,139	56,159	200,024	56,159

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs.	Vu lbs.
0.00	56,474	39,401	173,826
0.60	52,786	36,249	161,722
2.10	44,770	28,370	134,077
3.60	35,550	20,489	103,815
5.10	25,341	12,608	71,406
7.50	8,105	0	17,596

Distancia m.	Vu lbs.	Vc lbs.	Vs lbs.	Estribos
0.00	173,826	200,024	4,477	vr. # 3 @ 32 cm.
0.60	161,722	200,024	-9,763	vr. # 3 @ 32 cm.
2.10	134,077	200,024	-42,286	vr. # 3 @ 32 cm.
3.60	103,815	145,191	-23,056	vr. # 3 @ 32 cm.
5.10	71,406	92,279	-8,272	vr. # 3 @ 32 cm.
7.50	17,596	56,159	-35,458	vr. # 3 @ 32 cm.

Distancia m	Vu lbs.	ϕV_{nh} lbs.	Estribos por cortante horizontal
0.00	173,826	348,373	vr. # 3 @ 32 cm.
0.60	161,722	348,373	vr. # 3 @ 32 cm.
2.10	134,077	348,373	vr. # 3 @ 32 cm.
3.60	103,815	348,373	vr. # 3 @ 32 cm.
5.10	71,406	348,373	vr. # 3 @ 32 cm.
7.50	17,596	348,373	vr. # 3 @ 32 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA PRETENSADA L=15 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 20 m. PRETENSADA**

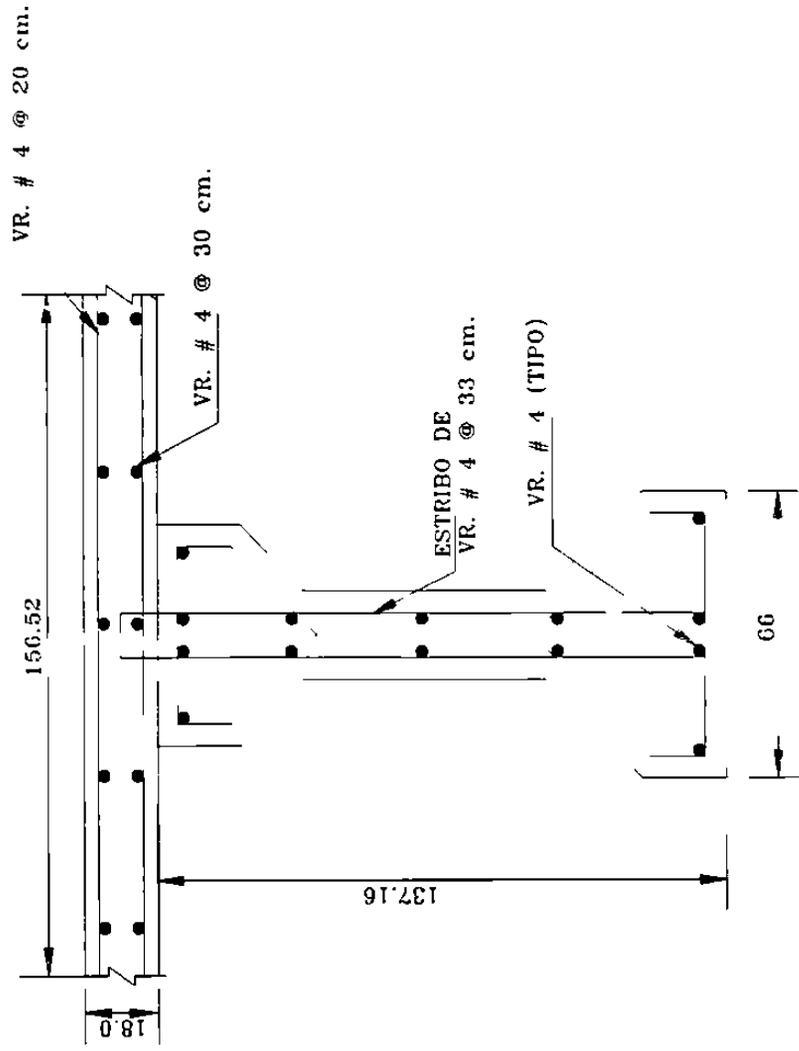
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	223,337	223,337
0.78	587,207	587,207	223,337	223,337
2.78	205,562	205,562	223,337	205,562
4.78	129,203	129,203	223,337	129,203
6.78	75,051	75,051	223,337	75,051
10.00	30,523	48,523	223,337	48,523

Distancia m	Vviva (ser.) lbs	Vmuerta (ser.) lbs	Vu lbs
0.00	66,214	52,524	212,032
0.78	61,845	48,427	197,221
2.78	48,015	37,923	153,539
4.78	39,412	27,418	121,206
6.78	22,991	16,913	71,899
10.00	8,242	0	17,892

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs.	Vs lbs	Estribos
0.00	212,032	223,337	26,112	vr. # 4 @ 33 cm.
0.78	197,221	223,337	-37,602	vr. # 4 @ 33 cm.
2.78	153,539	205,562	-24,929	vr. # 4 @ 33 cm.
4.78	121,206	129,203	13,392	vr. # 4 @ 33 cm.
6.78	71,899	75,051	9,536	vr. # 4 @ 33 cm.
10.00	17,892	48,523	-27,473	vr. # 4 @ 33 cm.

Distancia m	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs	Estribos por cortante horizontal
0.00	212,032	302,557	vr. # 4 @ 33 cm.
0.78	197,221	302,557	vr. # 4 @ 33 cm.
2.78	153,539	302,557	vr. # 4 @ 33 cm.
4.78	121,206	302,557	vr. # 4 @ 33 cm.
6.78	71,899	302,557	vr. # 4 @ 33 cm.
10.00	17,892	302,557	vr. # 4 @ 33 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA PRETENSADA L=20 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 25 m. PRETENSADA**

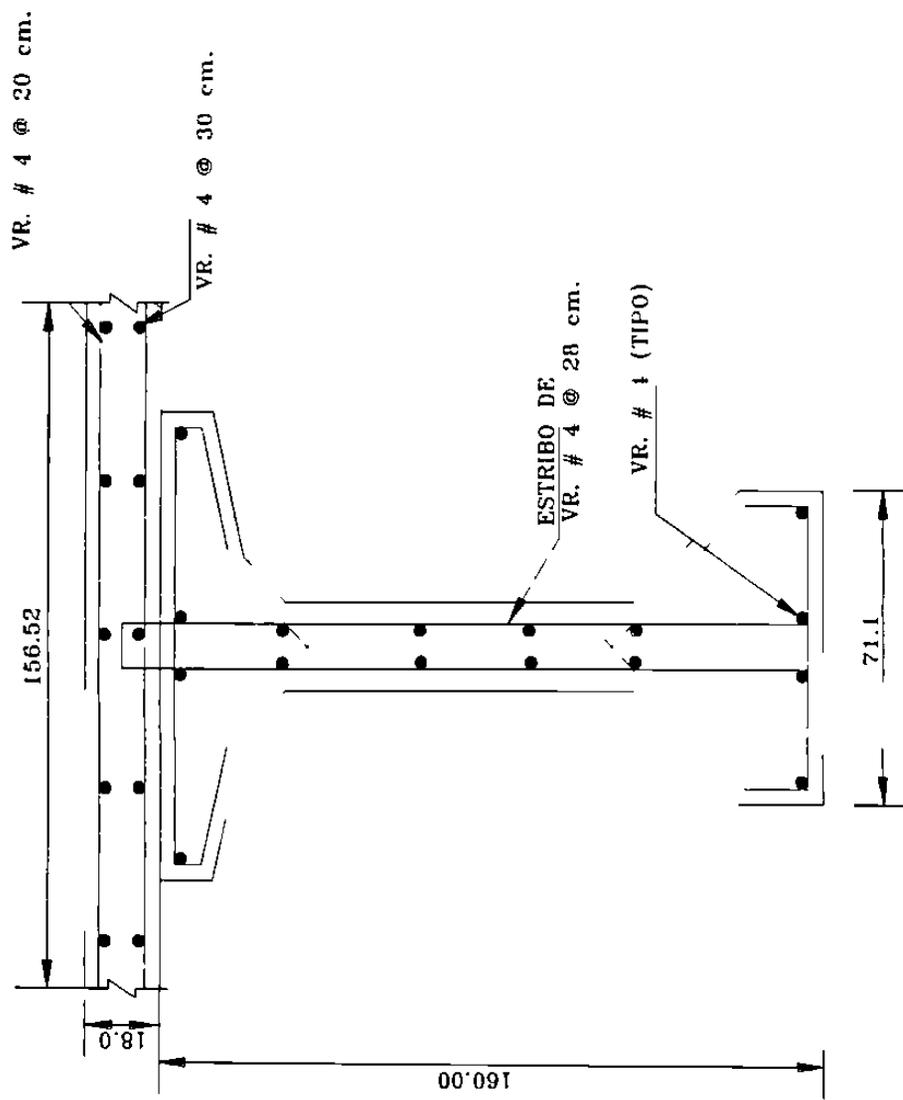
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs.	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	389,821	389,821
1.00	578,820	578,820	389,821	389,821
3.50	260,927	260,927	389,821	260,927
6.00	169,059	169,059	389,821	169,059
8.50	96,956	96,956	389,821	96,956
12.50	35,095	55,342	389,821	55,342

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs.	Vu lbs.
0.00	75,497	75,205	261,670
1.00	64,283	69,187	229,501
3.50	60,384	54,148	201,486
6.00	48,907	39,106	157,015
8.50	33,798	24,066	104,661
12.50	10,322	0	22,409

Distancia m.	Vu lbs.	Vc lbs	Vs lbs.	Estribos
0.00	261,670	389,821	-81,974	vr. # 4 @ 28 cm.
1.00	229,501	389,821	-119,820	vr. # 4 @ 28 cm.
3.50	201,486	260,927	-23,885	vr. # 4 @ 28 cm.
6.00	157,015	169,059	15,665	vr. # 4 @ 28 cm.
8.50	104,661	96,956	26,175	vr. # 4 @ 28 cm.
12.50	22,409	55,342	-8,731	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs	Estribos por cortante horizontal
0.00	261,670	720,961	vr. # 4 @ 28 cm.
1.00	229,501	720,961	vr. # 4 @ 28 cm.
3.50	201,486	720,961	vr. # 4 @ 28 cm.
6.00	157,015	720,961	vr. # 4 @ 28 cm.
8.50	104,661	720,961	vr. # 4 @ 28 cm.
12.50	22,409	720,961	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA PRETENSADA I=25 in

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 30 m. PRETENSADA**

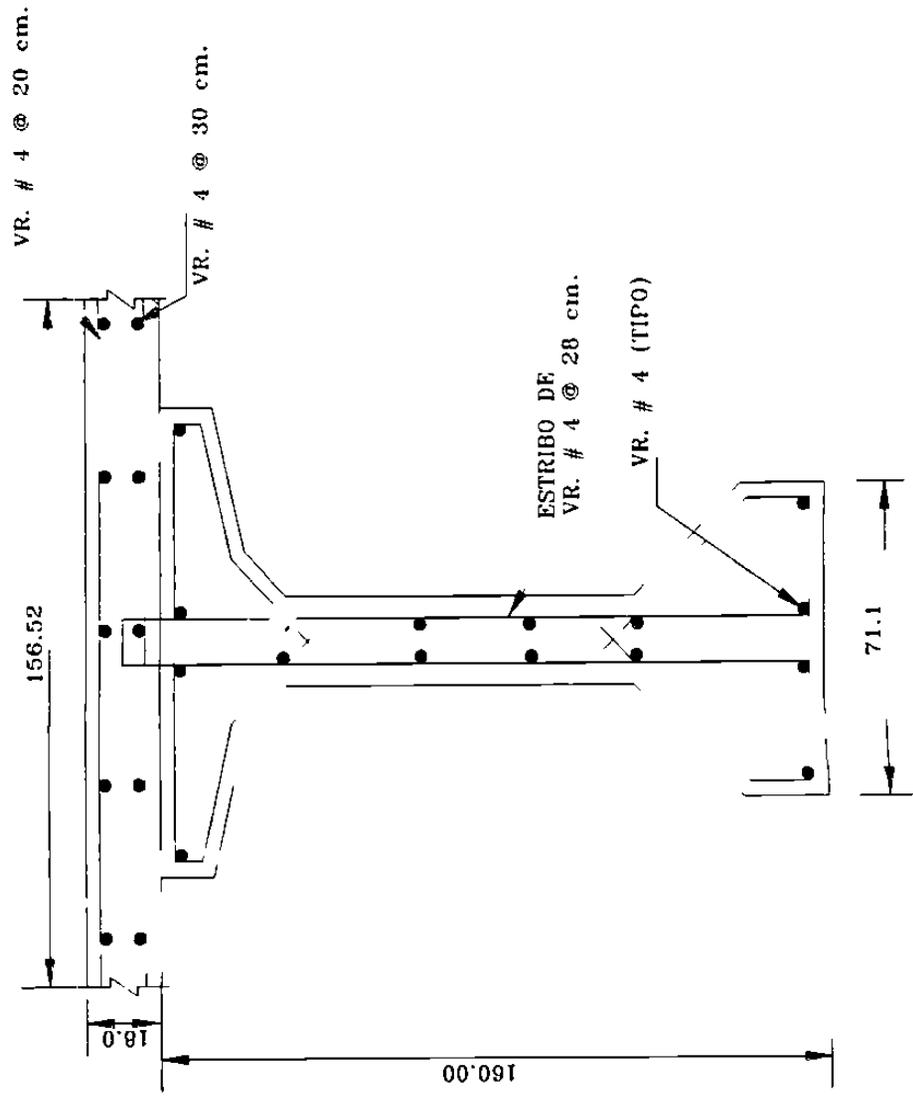
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	201,021	201,021
1.20	771,285	771,285	201,021	201,021
4.20	282,163	282,163	201,021	201,021
7.20	136,722	136,722	201,021	136,722
10.20	105,516	105,516	201,021	105,516
15.00	28,212	53,771	201,021	53,771

Distancia m.	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs	Vu lbs.
0.00	78,548	90,244	287,845
1.20	58,108	83,024	234,084
4.20	56,630	64,976	207,413
7.20	32,956	46,927	150,854
10.20	31,478	28,879	105,881
15.00	6,326	0	13,734

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs	Vs lbs	Estribos
0.00	287,845	201,021	137,620	vr. # 4 @ 28 cm.
1.20	234,084	201,021	74,372	vr. # 4 @ 28 cm.
4.20	207,413	201,021	42,994	vr. # 4 @ 28 cm.
7.20	150,854	136,722	40,753	vr. # 4 @ 28 cm.
10.20	105,881	105,516	19,050	vr. # 4 @ 28 cm.
15.00	13,734	53,771	-12,054	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs.	Estribos por cortante horizontal
0.00	287,845	700,470	vr. # 4 @ 28 cm.
1.20	234,084	700,470	vr. # 4 @ 28 cm.
4.20	207,413	700,470	vr. # 4 @ 28 cm.
7.20	150,854	700,470	vr. # 4 @ 28 cm.
10.20	105,881	700,470	vr. # 4 @ 28 cm.
15.00	13,734	700,470	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA PRETENSADA L=30 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 32 m. PRETENSADA**

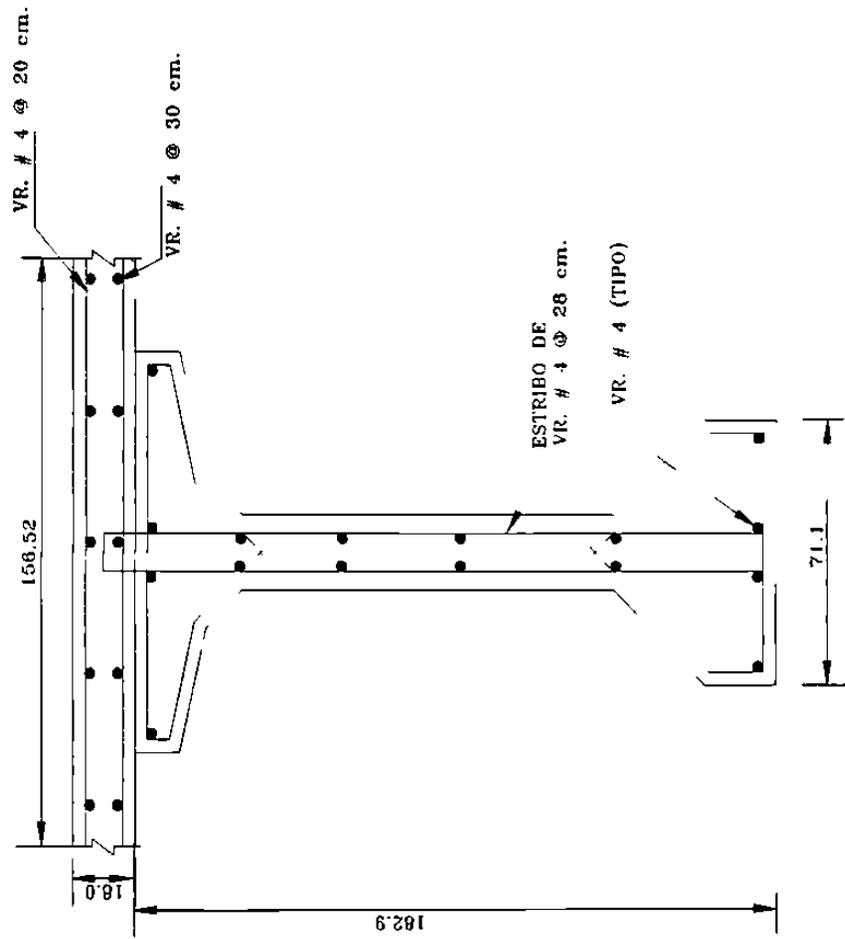
Distancia m.	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	534,486	534,486
1.28	1,347,582	1,347,582	534,486	534,486
4.48	291,931	291,931	534,486	291,931
7.68	182,346	182,346	534,486	182,346
10.88	111,503	111,503	534,486	111,503
16.00	34,285	70,402	534,486	70,402

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs	Vu lbs.
0.00	84,859	101,791	316,557
1.28	76,585	93,648	288,008
4.48	61,783	73,288	229,405
7.68	50,423	52,932	178,280
10.88	32,543	32,573	112,996
16.00	6,417	0	13,931

Distancia m	Vu lbs.	Vc lbs.	Vs lbs	Estribos
0.00	316,557	534,486	-162,066	vr. # 4 @ 28 cm.
1.28	288,008	534,486	-195,653	vr. # 4 @ 28 cm.
4.48	229,405	291,931	-22,043	vr. # 4 @ 28 cm.
7.68	178,280	182,346	27,395	vr. # 4 @ 28 cm.
10.88	112,996	111,503	21,433	vr. # 4 @ 28 cm.
16.00	13,931	70,402	-54,103	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m.	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs	Estribos por cortante horizontal
0.00	316,557	917,133	vr. # 4 @ 28 cm.
1.28	288,008	917,133	vr. # 4 @ 28 cm.
4.48	229,405	917,133	vr. # 4 @ 28 cm.
7.68	178,280	917,133	vr. # 4 @ 28 cm.
10.88	112,996	917,133	vr. # 4 @ 28 cm.
16.00	13,931	917,133	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA PRETENSADA L=32 M

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 35 m. PRETENSADA**

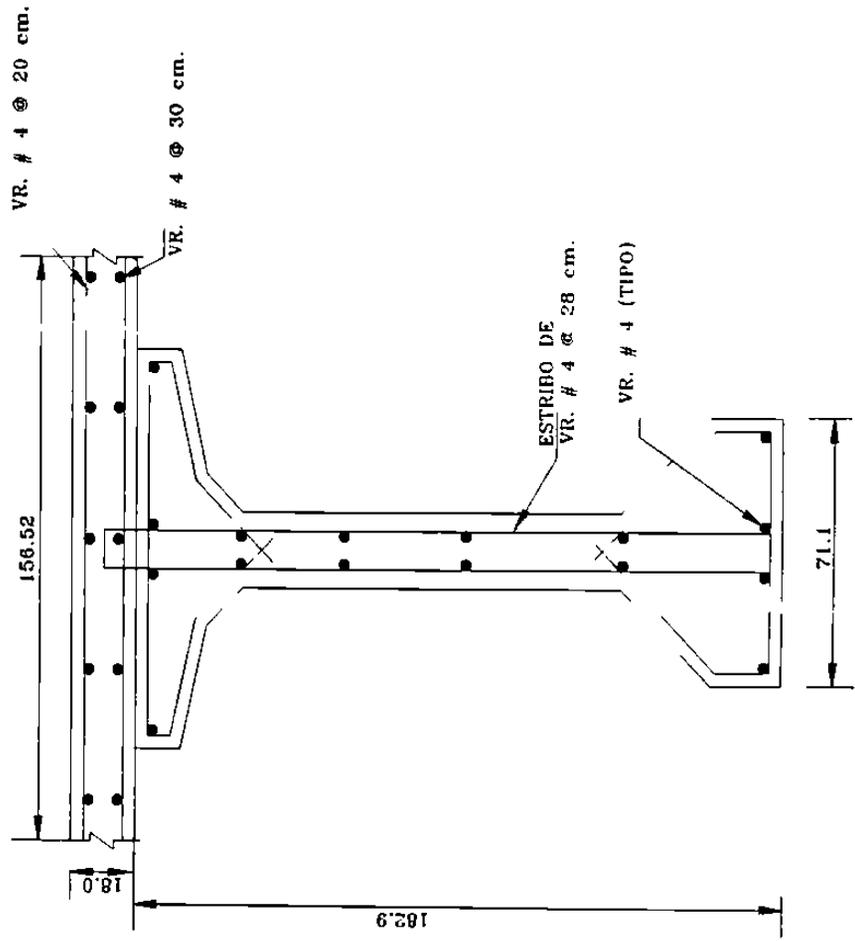
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	352,688	352,688
1.40	650,920	650,920	352,688	352,688
4.90	232,414	232,414	352,688	232,414
8.40	138,977	138,977	352,688	138,977
11.90	98,032	98,032	352,688	98,032
17.50	48,310	68,676	352,688	68,676

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs.	Vu lbs.
0.00	89,612	111,333	339,281
1.40	83,995	102,425	315,506
4.90	63,669	80,158	242,431
8.40	37,724	57,892	157,158
11.90	32,103	35,626	116,009
17.50	23,336	0	50,662

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs	Vs lbs	Estribos
0.00	339,281	352,688	46,466	vr. # 4 @ 28 cm.
1.40	315,506	352,688	18,496	vr. # 4 @ 28 cm.
4.90	242,431	232,414	52,799	vr. # 4 @ 28 cm.
8.40	157,158	138,977	45,915	vr. # 4 @ 28 cm.
11.90	116,009	98,032	38,449	vr. # 4 @ 28 cm.
17.50	50,662	68,676	-9,074	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs	Estribos por cortante horizontal
0.00	339,281	894,642	vr. # 4 @ 28 cm.
1.40	315,506	894,642	vr. # 4 @ 28 cm.
4.90	242,431	894,642	vr. # 4 @ 28 cm.
8.40	157,158	894,642	vr. # 4 @ 28 cm.
11.90	116,009	894,642	vr. # 4 @ 28 cm.
17.50	50,662	894,642	vr. # 4 @ 28 cm.

ACERO DE REFUERZO
POR CORTANTE



EN VIGA PRETENSADA I,=35 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 15 m. POSTENSADA**

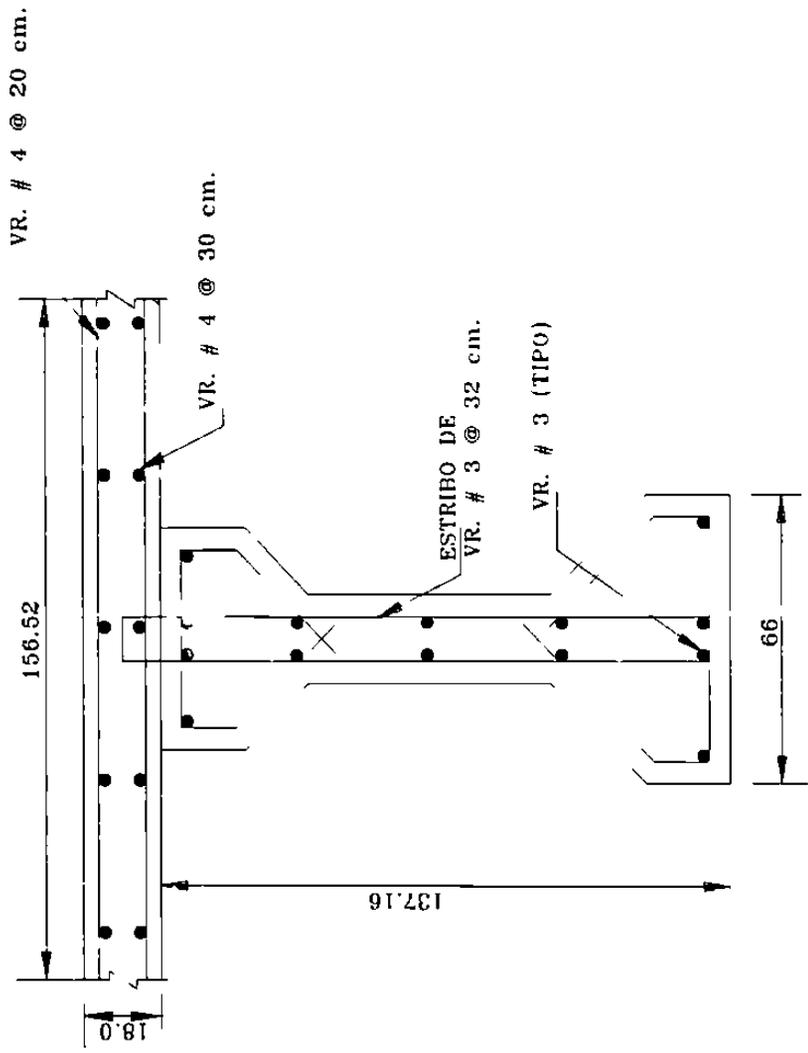
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (nge) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	200,312	200,312
1.00	812,307	812,307	200,312	200,312
3.50	226,928	226,928	200,312	200,312
6.00	147,999	147,999	200,312	147,999
8.50	93,155	93,155	200,312	93,155
12.50	36,189	51,363	200,312	51,363

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs	Vu lbs.
0.00	56,474	39,401	173,826
0.60	52,786	36,249	161,722
2.10	44,770	28,370	134,077
3.60	35,550	20,489	103,815
5.10	25,341	12,608	71,406
7.50	8,105	0	17,596

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs	Vs lbs	Estribos
0.00	173,826	200,312	4,189	vr. # 3 @ 32 cm.
0.60	161,722	200,312	-10,051	vr. # 3 @ 32 cm.
2.10	134,077	200,312	-42,574	vr. # 3 @ 32 cm.
3.60	103,815	147,999	-25,864	vr. # 3 @ 32 cm.
5.10	71,406	93,155	-9,148	vr. # 3 @ 32 cm.
7.50	17,596	51,363	-30,662	vr. # 3 @ 32 cm.

Distancia m	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs.	Estribos por cortante horizontal
0.00	173,826	318,622	vr. # 3 @ 32 cm.
1.00	161,722	318,622	vr. # 3 @ 32 cm.
3.50	134,077	318,622	vr. # 3 @ 32 cm.
6.00	103,815	318,622	vr. # 3 @ 32 cm.
8.50	71,406	318,622	vr. # 3 @ 32 cm.
12.50	17,596	318,622	vr. # 3 @ 32 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA POSTENSADA L=15 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 20 m. POSTENSADA**

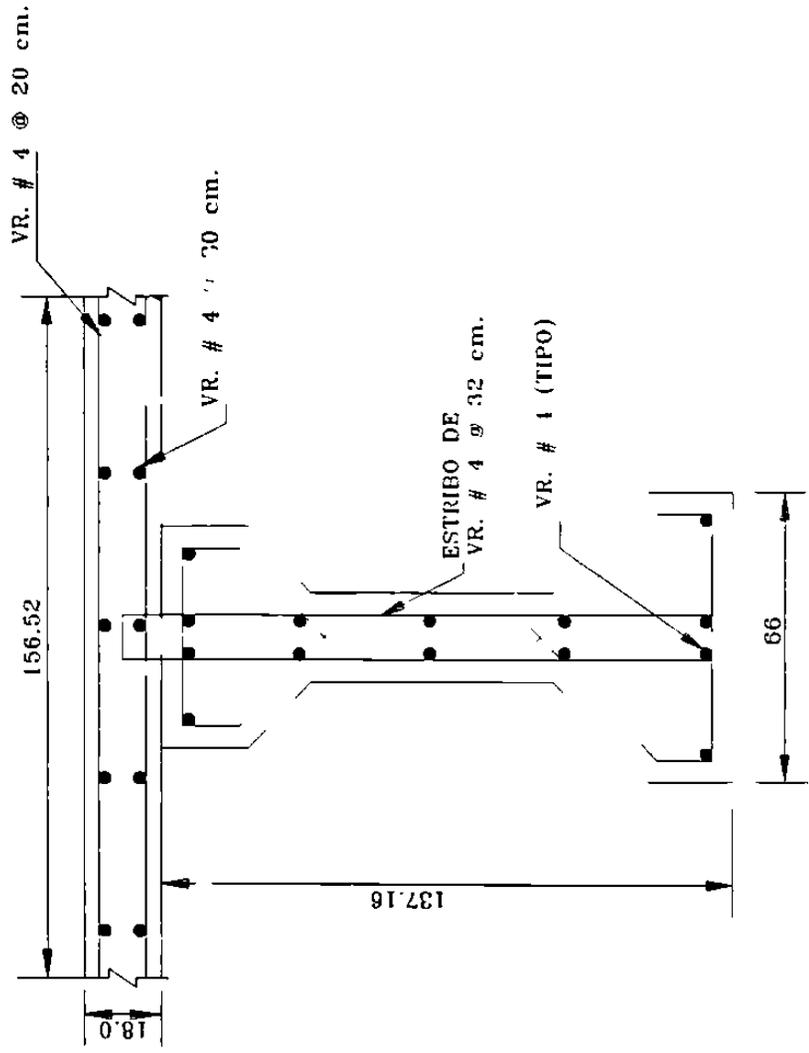
Distancia m	Vci (calc) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	245,014	245,014
0.78	596,734	596,734	245,014	245,014
2.78	209,618	209,618	245,014	209,618
4.78	132,287	132,287	245,014	132,287
6.78	77,485	77,485	245,014	77,485
10.00	32,557	53,980	245,014	53,980

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs.	Vu lbs.
0.00	66,214	52,524	212,032
0.78	61,845	48,427	197,221
2.78	48,015	37,923	153,539
4.78	39,412	27,418	121,206
6.78	22,991	16,913	71,899
10.00	8,242	0	17,892

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs	Vs lbs	Estribos
0.00	212,032	245,014	4,434	vr. # 4 @ 32 cm.
0.78	197,221	245,014	-12,989	vr. # 4 @ 32 cm.
2.78	153,539	209,618	-28,984	vr. # 4 @ 32 cm.
4.78	121,206	132,287	10,308	vr. # 4 @ 32 cm.
6.78	71,899	77,485	7,102	vr. # 4 @ 32 cm.
10.00	17,892	53,980	-32,931	vr. # 4 @ 32 cm.

Distancia m	Vu lbs.	ϕV_{nh} lbs	Estribos por cortante horizontal
0.00	212,032	334,866	vr. # 4 @ 32 cm.
0.78	197,221	334,866	vr. # 4 @ 32 cm.
2.78	153,539	334,866	vr. # 4 @ 32 cm.
4.78	121,206	334,866	vr. # 4 @ 32 cm.
6.78	71,899	334,866	vr. # 4 @ 32 cm.
10.00	17,892	334,866	vr. # 4 @ 32 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA POSTENSADA L=20 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 25 m. POSTENSADA**

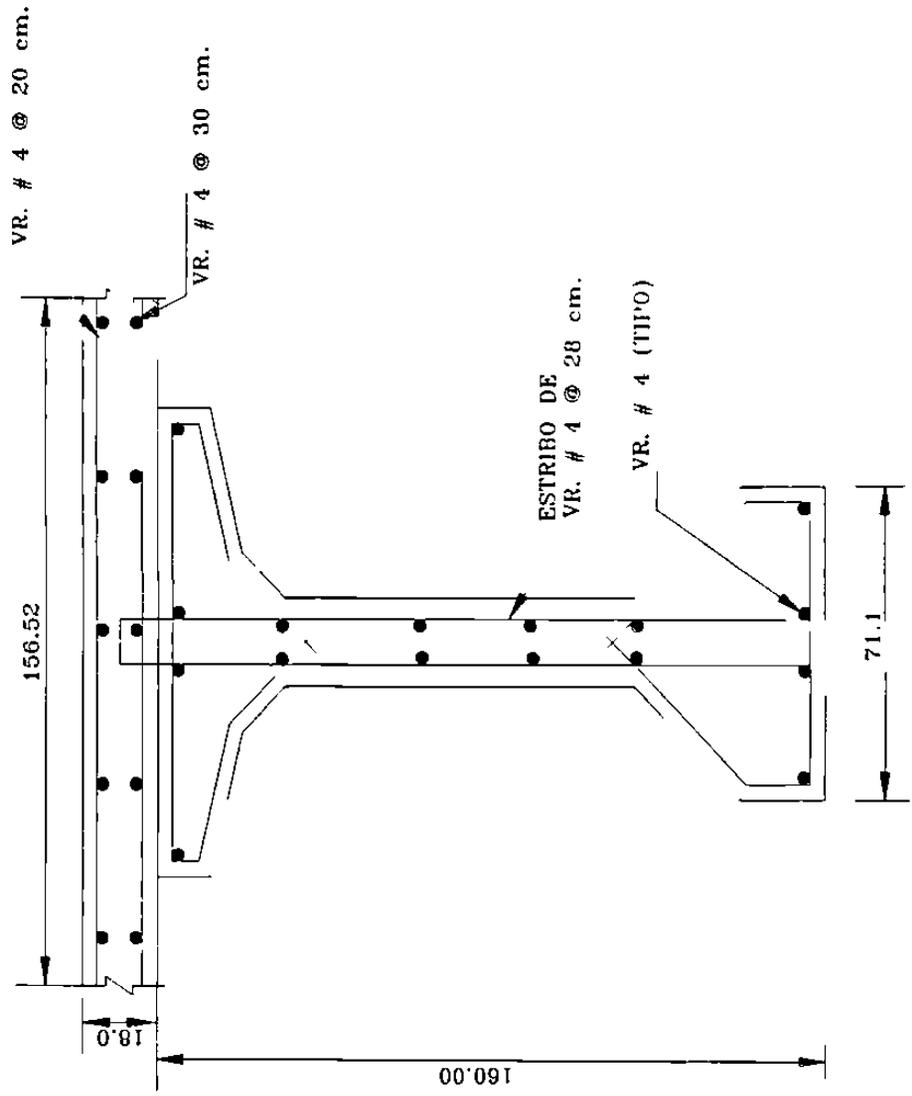
Distancia m	Vci (calc) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	330,920	330,920
1.00	742,936	742,936	330,920	330,920
3.50	323,480	323,480	330,920	323,480
6.00	205,849	205,849	330,920	205,849
8.50	114,609	114,609	330,920	114,609
12.50	40,074	54,663	330,920	54,663

Distancia m	Vviva (ser) lbs	Vmuerta (ser) lbs.	Vu lbs.
0.00	75,497	75,205	261,670
1.00	64,283	69,187	229,501
3.50	60,384	54,148	201,486
6.00	48,907	39,106	157,015
8.50	33,798	24,066	104,661
12.50	10,322	0	22,409

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs.	Vs lbs.	Estribos
0.00	261,670	330,920	-23,073	vr. # 4 @ 28 cm.
1.00	229,501	330,920	-60,919	vr. # 4 @ 28 cm.
3.50	201,486	323,480	-86,438	vr. # 4 @ 28 cm.
6.00	157,015	205,849	-21,125	vr. # 4 @ 28 cm.
8.50	104,661	114,609	8,522	vr. # 4 @ 28 cm.
12.50	22,409	54,663	-28,299	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m.	Vu lbs	ϕV_{nh} lbs.	Estribos por cortante horizontal
0.00	261,670	712,090	vr. # 4 @ 28 cm.
1.00	229,501	712,090	vr. # 4 @ 28 cm.
3.50	201,486	712,090	vr. # 4 @ 28 cm.
6.00	157,015	712,090	vr. # 4 @ 28 cm.
8.50	104,661	712,090	vr. # 4 @ 28 cm.
12.50	22,409	712,090	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA POSTENSADA $l_e=25$ m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 30 m. POSTENSADA**

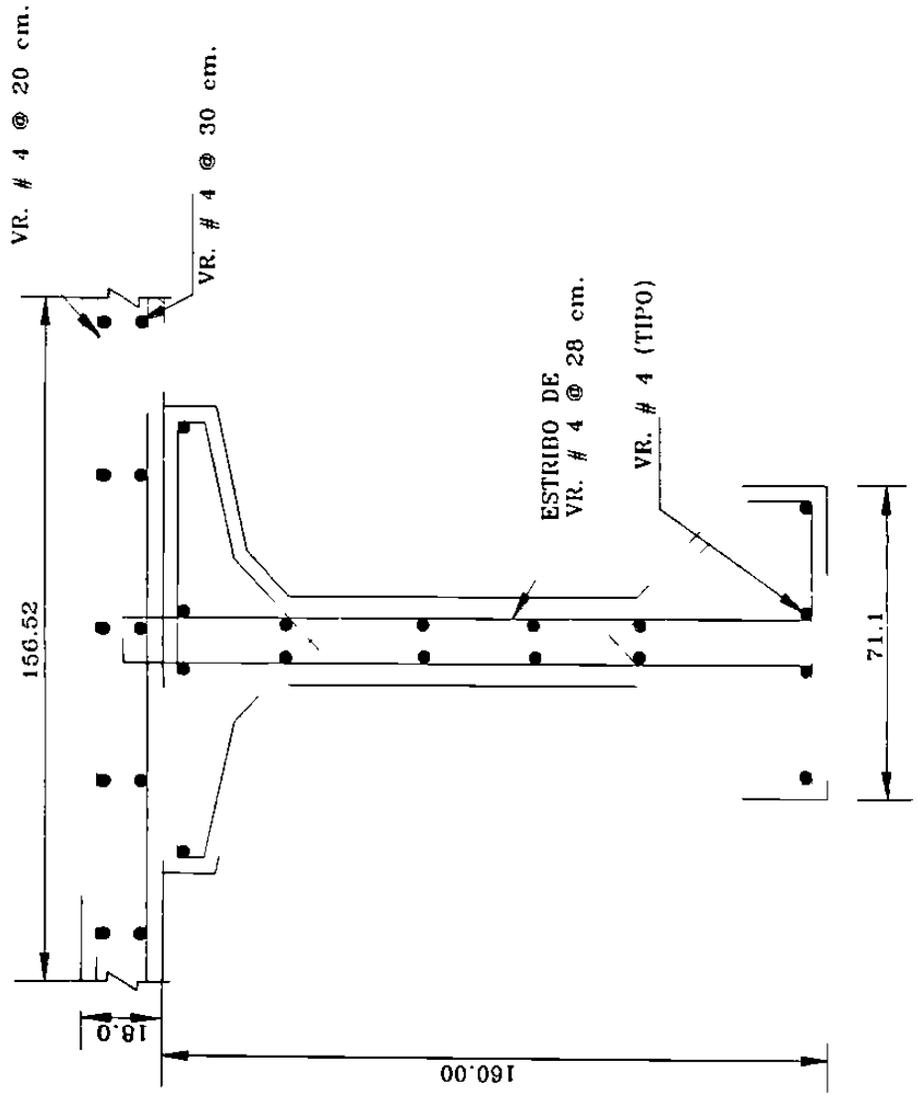
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs.	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	250,300	250,300
1.20	718,079	718,079	250,300	250,300
4.20	267,122	267,122	250,300	250,300
7.20	131,924	131,924	250,300	131,924
10.20	101,774	101,774	250,300	101,774
15.00	28,383	56,370	250,300	56,370

Distancia m	Vviva (ser.) lbs	Vmuerta (ser.) lbs	Vu lbs.
0.00	78,548	90,244	287,845
1.20	58,108	83,024	234,084
4.20	56,630	64,976	207,413
7.20	32,956	46,927	150,854
10.20	31,478	28,879	105,881
15.00	6,326	0	13,734

Distancia m	Vu lbs	Vc lbs	Vs lbs	Estribos
0.00	287,845	250,300	88,341	vr. # 4 @ 28 cm.
1.20	234,084	250,300	25,093	vr. # 4 @ 28 cm.
4.20	207,413	250,300	-6,265	vr. # 4 @ 28 cm.
7.20	150,854	131,924	45,551	vr. # 4 @ 28 cm.
10.20	105,881	101,774	22,792	vr. # 4 @ 28 cm.
15.00	13,734	56,370	-40,212	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m.	Vu lbs.	ϕV_{nh} lbs	Estribos por cortante horizontal
0.00	287,845	734,331	vr. # 4 @ 28 cm.
1.20	234,084	734,331	vr. # 4 @ 28 cm.
4.20	207,413	734,331	vr. # 4 @ 28 cm.
7.20	150,854	734,331	vr. # 4 @ 28 cm.
10.20	105,881	734,331	vr. # 4 @ 28 cm.
15.00	13,734	734,331	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA POSTENSADA L=30 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 32 m. POSTENSADA**

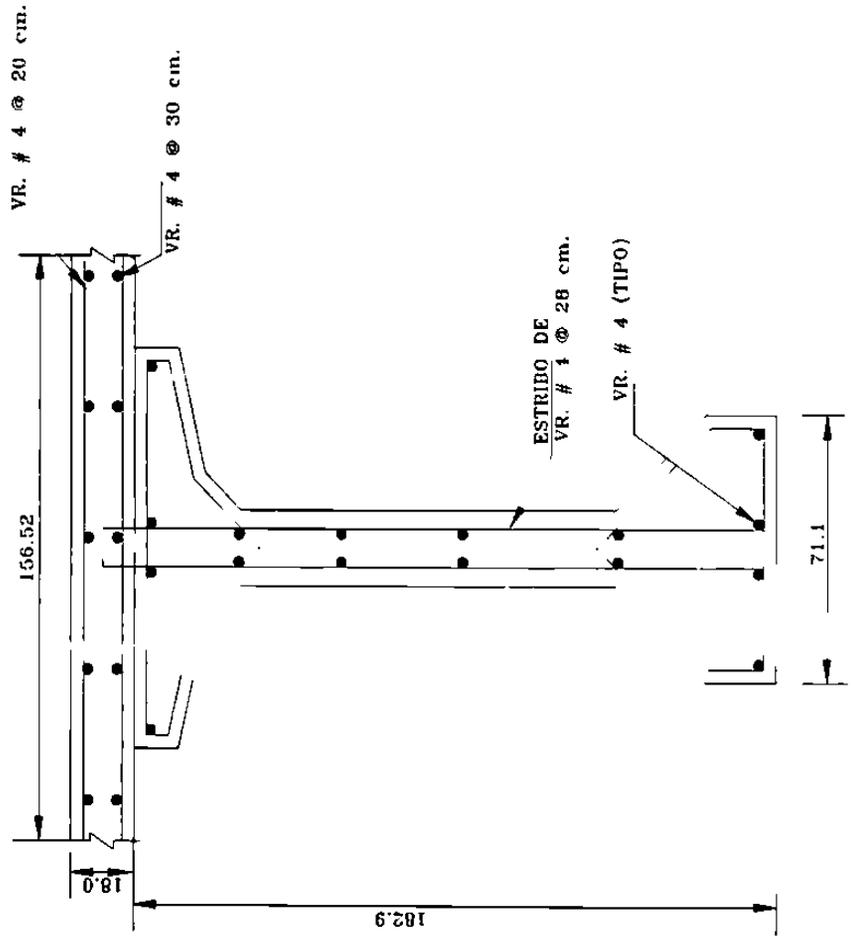
Distancia m.	V_{ci} (calc.) lbs	V_{ci} (rige) lbs	V_{cw} lbs.	V_c lbs (el menor de V _{ci} o V _{cw})
0.00	infinito	infinito	362,623	362,623
1.28	1,380,587	1,380,587	362,623	362,623
4.48	297,839	297,839	362,623	297,839
7.68	185,505	185,505	362,623	185,505
10.88	113,091	113,091	362,623	113,091
16.00	34,484	70,134	362,623	70,134

Distancia m.	V_{viva} (ser.) lbs.	V_{muerta} (ser.) lbs.	V_u lbs
0.00	84,859	101,791	316,557
1.28	76,585	93,648	288,008
4.48	61,783	73,288	229,405
7.68	50,423	52,932	178,280
10.88	32,543	32,573	112,996
16.00	6,417	0	13,931

Distancia m	V_u lbs	V_c lbs	V_s lbs.	Estribos
0.00	316,557	362,623	9,797	vr. # 4 @ 28 cm.
1.28	288,008	362,623	-23,790	vr. # 4 @ 28 cm.
4.48	229,405	297,839	-27,951	vr. # 4 @ 28 cm.
7.68	178,280	185,505	24,236	vr. # 4 @ 28 cm.
10.88	112,996	113,091	19,845	vr. # 4 @ 28 cm.
16.00	13,931	70,134	-53,744	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m	V_u lbs.	φV_{nh} lbs.	Estribos por cortante horizontal
0.00	316,557	913,634	vr. # 4 @ 28 cm.
1.28	288,008	913,634	vr. # 4 @ 28 cm.
4.48	229,405	913,634	vr. # 4 @ 28 cm.
7.68	178,280	913,634	vr. # 4 @ 28 cm.
10.88	112,996	913,634	vr. # 4 @ 28 cm.
16.00	13,931	913,634	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA POSTENSADA L=32 m

**CORTANTE POR FLEXION Y HORIZONTAL
PARA VIGA DE 35 m. POSTENSADA**

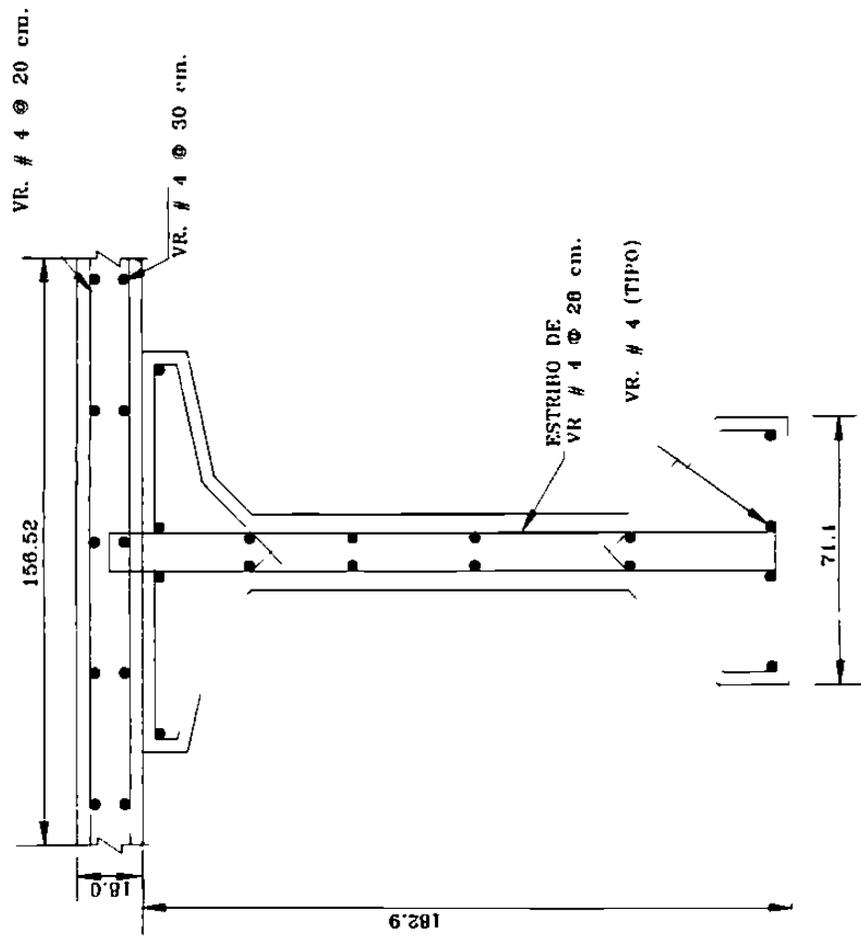
Distancia m	Vci (calc.) lbs	Vci (rige) lbs	Vcw lbs	Vc lbs (el menor de Vci o Vcw)
0.00	infinito	infinito	375,371	375,371
1.40	822,118	822,118	375,371	375,371
4.90	273,894	273,894	375,371	273,894
8.40	157,156	157,156	375,371	157,156
11.90	74,468	74,468	375,371	74,468
17.50	55,761	67,458	375,371	67,458

Distancia m	Vviva (ser.) lbs.	Vmuerta (ser.) lbs	Vu lbs.
0.00	89,612	111,333	339,281
1.40	83,995	102,425	315,506
4.90	63,669	80,158	242,431
8.40	37,724	57,892	157,158
11.90	32,103	35,626	116,009
17.50	23,336	0	50,662

Distancia m	Vu lbs.	Vc lbs	Vs lbs.	Estribos
0.00	339,281	375,371	23,783	vr. # 4 @ 28 cm.
1.40	315,506	375,371	-4,187	vr. # 4 @ 28 cm.
4.90	242,431	273,894	11,319	vr. # 4 @ 28 cm.
8.40	157,158	157,156	27,736	vr. # 4 @ 28 cm.
11.90	116,009	74,468	62,013	vr. # 4 @ 28 cm.
17.50	50,662	67,458	-7,856	vr. # 4 @ 28 cm.

Distancia m	Vu lbs.	ϕVnh lbs.	Estribos por cortante horizontal
0.00	339,281	878,773	vr. # 4 @ 28 cm.
1.40	315,506	878,773	vr. # 4 @ 28 cm.
4.90	242,431	878,773	vr. # 4 @ 28 cm.
8.40	157,158	878,773	vr. # 4 @ 28 cm.
11.90	116,009	878,773	vr. # 4 @ 28 cm.
17.50	50,662	878,773	vr. # 4 @ 28 cm.

A C E R O D E R E F U E R Z O
P O R C O R T A N T E



EN VIGA POSTENSADA L=35 m

ANEXO VII

**Catálogos de conceptos y costos
de las vigas pretensadas y postensadas**

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA f_c 350 kg/cm ² , TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	8.52	m ³	\$1,595.00	\$13,589.40
2	CIMBRA Y DESCIMBRA METALICA EN TRABES, SE INCLUYE: SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	44.95	m ²	\$72.25	\$3,247.64
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200$ kg/cm ² EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	296.80	kg	\$6.75	\$2,003.40
4	ACERO DE PRESFUERZO PRETENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	302.80	kg	\$15.00	\$4,542.00
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS, FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	20.45	ton	\$267.00	\$5,459.62
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR	16.90	kg	\$23.65	\$399.69
7	TRANSPORTE DE PIEZA PREFABRICADA UTILIZANDO UN LOW BOY DE 35 TON.	1.00	lote	\$2,360.00	\$2,360.00

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA PRETENSADA CLARO DE 20 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$. TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI. CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	11.06	m ³	\$1,595.00	\$17,640.70
2	CIMBRA Y DESCIMBRA METALICA EN TRABES, SE INCLUYE: SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	60.24	m ²	\$72.25	\$4,352.34
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	715.80	kg	\$6.75	\$4,831.65
4	ACERO DE PRESFUERZO PRETENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = $19,600 \text{ kg/cm}^2$, SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	403.40	kg	\$15.00	\$6,051.00
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS, FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	26.54	ton	\$267.00	\$7,087.25
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR	16.90	kg	\$23.65	\$399.69
7	TRANSPORTE DE PIEZA PREFABRICADA UTILIZANDO UN LOW BOY DE 35 TON.	1.00	lote	\$3,540.00	\$3,540.00

\$43,902.62

CATALOGO DE CONCEPTOS
 VIGA PRETENSADA CLARO DE 25 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c= 350 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4 " COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA , SE INCLUYE : SUMINISTRO , COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO , MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1- 1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	18.64	m ³	\$1,595.00	\$29,730.80
2	CIMBRA Y DESCIMBRA METALICA EN TRABES, SE INCLUYE : SUMINISTRO , DESPERDICIO , ACARREOS , MANIOBRAS , CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	98.10	m ²	\$72.25	\$7,087.73
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,135.30	kg	\$6.75	\$7,663.28
4	ACERO DE PRESFUERZO PRETENSADO, CON TORONES DE 1/2 " DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm^2 , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO , COLOCACION , ACARREOS , Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	756.80	kg	\$15.00	\$11,352.00
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS , SE INCLUYE: MANIOBRAS , FLETES , ANDAMIOS , OBRA FALSA , TRAZO , ALINEACION , INSTALACION , NIVELACION , CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS , EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	44.74	ton	\$267.00	\$11,944.51
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2 " DE DIAMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES . COLOCACION , HERRAMIENTA , MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR	19.10	kg	\$23.65	\$451.72
7	TRANSPORTE DE PIEZA PREFABRICADA UTILIZANDO UN LOW BOY DE 60 TON.	1.00	lote	\$9,440.00	\$9,440.00

\$77,670.03

VIGA PRETENSADA CLARO DE 30 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	21.90	m ³	\$1,595.00	\$34,930.50
2	CIMBRA Y DESCIMBRA METALICA EN TRABES, SE INCLUYE: SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	118.20	m ²	\$72.25	\$8,539.95
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,362.40	kg	\$6.75	\$9,196.20
4	ACERO DE PRESFUERZO PRETENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm^2 , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	930.00	kg	\$15.00	\$13,950.00
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS, FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	52.56	ton	\$267.00	\$14,033.52
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR	19.10	kg	\$23.65	\$451.72
7	TRANSPORTE DE PIEZA PREFABRICADA UTILIZANDO UN LOW BOY DE 60 TON.	1.00	lote	\$11,800.00	\$11,800.00
					\$92,901.89

CATALOGO DE CONCEPTOS
 VIGA PRETENSADA CLARO DE 32 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c= 350 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4 " COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA , SE INCLUYE : SUMINISTRO , COLOCACION , VIBRADO , DESPERDICIO , EQUIPO , MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1- 1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	25.20	m ³	\$1,595.00	\$40,194.00
2	CIMBRA Y DESCIMBRA METALICA EN TRABES, SE INCLUYE : SUMINISTRO , DESPERDICIO . ACARREOS , MANIOBRAS , CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO. CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	140.90	m ²	\$72.25	\$10,180.03
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,509.00	kg	\$6.75	\$10,185.75
4	ACERO DE PRESFUERZO PRETENSADO, CON TORONES DE 1/2 " DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO , COLOCACION , ACARREOS , Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	1,016.80	kg	\$15.00	\$15,252.00
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS , SE INCLUYE: MANIOBRAS , FLETES , ANDAMIOS , OBRA FALSA , TRAZO , ALINEACION , INSTALACION , NIVELACION . CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS , EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	60.48	ton	\$267.00	\$16,148.16
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2 " DE DIAMETRO , INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES , COLOCACION , HERRAMIENTA , MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR	21.20	kg	\$23.65	\$501.38
7	TRANSPORTE DE PIEZA PREFABRICADA UTILIZANDO UN LOW BOY DE 70 TON.	1.00	lote	\$14,160.00	\$14,160.00

\$106,621.32

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA f_c 350 kg/cm ² , TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	27.30	m ³	\$1,595.00	\$43,543.50
2	CIMBRA Y DESCIMBRA METALICA EN TRABES. SE INCLUYE: SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	154.30	m ²	\$72.25	\$11,148.18
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200$ kg/cm ² EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,652.40	kg	\$6.75	\$11,153.70
4	ACERO DE PRESFUERZO PRETENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO. HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	1,248.00	kg	\$15.00	\$18,720.00
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS, FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO. HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	65.52	ton	\$267.00	\$17,493.84
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR	21.20	kg	\$23.65	\$501.38
7	TRANSPORTE DE PIEZA PREFABRICADA UTILIZANDO UN LOW BOY DE 70 TON.	1.00	lote	\$17,700.00	\$17,700.00

\$120,260.60

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA POSTENSADA CLARO DE 15 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO. EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	8.52	m ³	\$1,757.61	\$14,974.87
2	CIMBRA Y DESCIMBRA DE PINO DE SEGUNDA EN TRABES, SE INC. SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	44.95	m ²	\$79.77	\$3,585.60
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	296.80	kg	\$7.80	\$2,314.43
4	ACERO DE PRESFUERZO POSTENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = $19,600 \text{ kg/cm}^2$, SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	209.30	kg	\$24.58	\$5,144.38
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	20.45	ton	\$258.39	\$5,283.57
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR.	16.90	kg	\$32.39	\$547.34
					<u>\$31,850.19</u>

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA POSTENSADA CLARO DE 20 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c=350$ kg/cm ² , TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	11.06	m ³	\$1,714.76	\$18,965.25
2	CIMBRA Y DESCIMBRA DE PINO DE SEGUNDA EN TRABES, SE INCLuye SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	60.24	m ²	\$76.51	\$4,608.98
3	ACERO DE REFUERZO $F_y=4,200$ kg/cm ² EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	715.80	kg	\$8.68	\$6,213.00
4	ACERO DE PRESFUERZO POSTENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	372.00	kg	\$25.19	\$9,372.47
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	26.54	ton	\$270.29	\$7,174.59
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR.	16.90	kg	\$32.39	\$547.34
					<u>\$46,881.63</u>

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA POSTENSADA CLARO DE 25 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c= 350 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI. CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	18.64	m ³	\$1,662.65	\$30,991.74
2	CIMBRA Y DESCIMBRA DE PINO DE SEGUNDA EN TRABES, SE INCLuye SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	98.10	m ²	\$73.93	\$7,252.39
3	ACERO DE REFUERZO $F_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,135.30	kg	\$7.81	\$8,864.92
4	ACERO DE PRESFUERZO POSTENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	988.10	kg	\$23.57	\$23,293.55
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	44.74	ton	\$165.98	\$7,425.43
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR.	19.10	kg	\$29.77	\$568.63
					<u>\$78,396.66</u>

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA POSTENSADA CLARO DE 30 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1-1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	21.90	m ³	\$1,646.39	\$36,055.86
2	CIMBRA Y DESCIMBRA DE PINO DE SEGUNDA EN TRABES, SE INCLuye SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	118.20	m ²	\$72.75	\$8,599.28
3	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPES, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA, Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,362.40	kg	\$7.67	\$10,454.24
4	ACERO DE PRESFUERZO POSTENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² . SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO. HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	1,116.00	kg	\$24.63	\$27,483.07
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	52.56	ton	\$163.09	\$8,572.14
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR.	19.10	kg	\$29.77	\$568.63
					\$91,733.22

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA POSTENSADA CLARO DE 32 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c=350$ kg/cm ² , TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICACIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1- 1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	25.20	m ³	\$1,650.10	\$41,582.51
2	CIMBRA Y DESCIMBRA DE PINO DE SEGUNDA EN TRABES, SE INCLuye SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	140.90	m ²	\$72.80	\$10,257.41
3	ACERO DE REFUERZO $F_y=4,200$ kg/cm ² EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,509.00	kg	\$7.58	\$11,439.36
4	ACERO DE PRESFUERZO POSTENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	1,141.00	kg	\$24.77	\$28,267.44
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	60.48	ton	\$169.39	\$10,244.73
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR.	21.20	kg	\$27.78	\$588.96
					<u>\$102,380.41</u>

CATALOGO DE CONCEPTOS
VIGA POSTENSADA CLARO DE 35 m.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CONCRETO DOSIFICADO EN PLANTA $f_c=350$ kg/cm ² , TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4" COLOCADO SEGUN ESPECIFICA - CIONES DEL ACI, CURADO CON MEMBRANA, SE INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, VIBRADO, DESPERDICIO, EQUIPO, MANO DE OBRA Y DUCTOS DE P.V.C. DE 1- 1/4" DE DIAMETRO (6 PIEZAS POR TRABE)	27.30	m ³	\$1,653.09	\$45,129.44
2	CIMBRA Y DESCIMBRA DE PINO DE SEGUNDA EN TRABES, SE INC.: SUMINISTRO, DESPERDICIO, ACARREOS, MANIOBRAS, CHAFLANES ALAMBRE RECOCIDO, CUÑAS, SEPARADORES Y MANO DE OBRA.	154.30	m ²	\$74.85	\$11,550.08
3	ACERO DE REFUERZO $F_y=4,200$ kg/cm ² EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, TRASLAPE, GANCHOS, DESPERDICIO, HABILITACION, ACARREOS, MANO DE OBRA Y ALAMBRE RECOCIDO.	1,652.40	kg	\$7.52	\$12,424.39
4	ACERO DE PRESFUERZO POSTENSADO, CON TORONES DE 1/2" DE DIAMETRO, ACERO DE PRESFUERZO DE BAJA RELAJACION, ESFUERZO DE RUPTURA = 19,600 kg/cm ² , SE INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, COLOCACION, ACARREOS, Y APLICACION DE LA FUERZA DE PRESFUERZO, HERRAMIENTA, EQUIPO Y MANO DE OBRA	1,491.90	kg	\$24.09	\$35,943.15
5	MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS, SE INCLUYE: MANIOBRAS, FLETES, ANDAMIOS, OBRA FALSA, TRAZO, ALINEACION, INSTALACION, NIVELACION, CAMINOS DE ACCESO PARA MANIOBRAS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	65.52	ton	\$185.65	\$12,163.68
6	GANCHOS DE IZAJE CON TORON DE 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, COLOCACION, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y EQUIPO MENOR.	21.20	kg	\$27.78	\$588.96
					<u>\$117,799.70</u>

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Ana Margarita Gaytán Jasso

Candidato para el Grado de
Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural

Tesis : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y ECONOMICA DE VIGAS TIPO “AASHTO” ,
PARA PUENTES CARRETEROS

Campo de Estudio : Ingeniería Estructural

Biografía : Nacida el 5 de Diciembre de 1970 en Cd. Guadalupe , N.L. , hija de Luis Gaytán Carrillo y Margarita Jasso Carranza.

Educación : Egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León, obteniendo el título de Ingeniero Civil en Agosto de 1992

Experiencia docente : Profesor de Cátedra en Fac. de Ingeniería Civil de la UANL , de 1992 a 1993 , impartiendo las materias : Vías Terrestres 1 y Fotogrametría - Fotointerpretación. Instructor de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción , de 1998 a la fecha, en el área de Implementación de Sistemas de Aseguramiento de Calidad ISO 9000 en la Construcción.

Experiencia profesional :

Ingeniero calculista en Servicios de Ingeniería del Grupo Protexa , de 1993 a 1995

Ingeniero especialista de estructuras en Bufete Industrial Ingeniería S.A. , de 1995 a 1995

Jefe de Grupo Civil en Servicios de Ingeniería del Grupo Protexa , de 1995 a 1996

Jefe de Residencia en Servicios de Ingeniería del Grupo Protexa , de 1996 a 1998

Jefe de Auditorías Internas del Sistema de Calidad ISO 9000 en la División de Construcciones del Grupo Protexa , de 1998 a 1999.

Gerente administrativo de Centro de Diseño y Proyectos , de 1999 a la fecha.

Proyectos :

Embotelladora AGRAL Regiomontana Pepsi , Parque Industrial , Apodaca, N.L.

Casa Club Portal del Huajuco , Carretera Nacional , Monterrey, N.L.

Comercial Mexicana Plaza Fiesta San Agustín , San Pedro Garza García, N.L.

Edificio de estacionamiento en la Plaza Colegio Civil , Monterrey, N.L.

Sala de proyecciones , San Pedro Garza García , N.L.

Sitio Celular “Cuesta de los Muertos” , Cuesta de los Muertos, Coahuila

Sitio Celular “Villa de García” , en Villa de García , N.L.

Proyectos viales del gobierno del Estado en el área metropolitana de Monterrey, N.L.

Infraestructura del Canal Intracostero Tamaulipeco

Planta solubilizadora de café ISMAM , Tapachula . Chiapas

Interconexión de la Av. Alfonso Reyes en San Pedro Garza García , N.L.

Planta Industrial de Minerales Monclova, S.A. en Palau, Coahuila

Parque Marino “Akua’n Kay” , Cancún , Quintana Roo

Línea de Conducción de la “Presas Santo Domingo a Planta Potabilizadora” , Linares , N.L.

Anteproyecto “Parque Industrial” , Apodaca , N.L.

Estructura adicional para telon del Teatro , en Monterrey , N.L.

Ampliación de área servicio médico de Bancrecer Suc. Pino Suárez , Monterrey , N.L.

