

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION
DE ESTRUCTURAS DE PUENTES
PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR

LUISA ANTONIETA VALLE PERALTA

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, septiembre de 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
7(3785)

c.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado:

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION
DE ESTRUCTURAS DE PUENTES
PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 7 de agosto de 1,995.



Luisa Antonieta Valle Peralta

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERAS DE INGENIERIA CIVIL Y DE INGENIERIA EN OBRAS DE CONCRETO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO : ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL 1o. : ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2o. : ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL 3o. : ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4o. : BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL 5o. : BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO : ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO : ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR : ING. CARLOS ENRIQUE GARCIA ROSA
EXAMINADOR : ING. TONIO MICHELLE BONATTO MERIDA
EXAMINADOR : ING. HUGO LEONEL MONTENEGRO FRANCO
SECRETARIO : ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

Guatemala, 10 de junio de 1996.

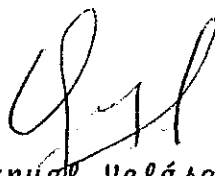
Ingeniero
Ricardo A. Ibarra M.
Jefe del Departamento de Estructuras
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Estimado Ingeniero Ibarra:

Por este medio tengo el gusto de informarle que he revisado el trabajo de tesis "PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE PUENTES PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION" del estudiante Luisa Antonieta Valle Peralta.

De la revisión y análisis de este trabajo de tesis he considerado que cumple con los objetivos planteados y que representa un aporte importante a la Ingeniería Nacional, por lo que me permito aprobarlo en calidad de asesor del mismo.

Atentamente,



Oscar Manuel Velásquez Coronado
INGENIERO CIVIL
Colegiado 8294

Ing. Oscar Manuel Velásquez Coronado
Colegiado No. 3294
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, julio 22 de 1966

Ingeniero
Jack Douglas Ibarra,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería,
U S A C.

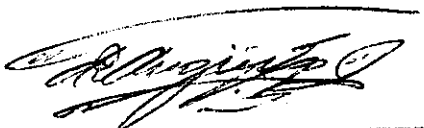
Señor Director

Por medio de la presente informo a usted, que he revisado el trabajo de tesis titulado "PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE PUENTES PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION" de la estudiante Luisa Antonieta Valle Peralta, y asesorada por el Ing. Oscar Manuel Velásquez Coronado.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con lo establecido, y que será de mucha utilidad para estudiantes y profesionales de la ingeniería civil, el suscrito le da su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,



Ing. Ricardo A. Ibarra M.
Jefe del Departamento de Estructuras



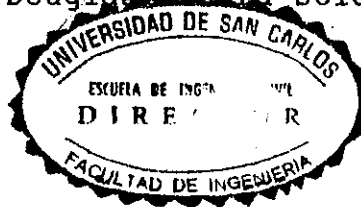
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Manuel Velásquez Coronado y como coordinador Jefe del Departamento de Estructuras Ing. Ricardo A. Ibarra M., sobre el trabajo de tesis de la estudiante Luisa Antonieta Valle Peralta, titulado "PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE PUENTES PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION", da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, agosto de 1,996.

JDIS/isa.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

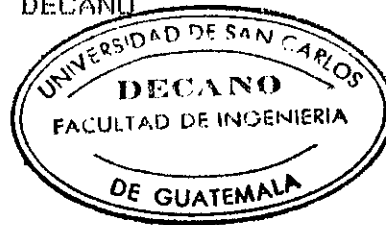
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE PUENTES PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION de la estudiante Luisa Antonieta Valle Peralta, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO



Guatemala, agosto de 1,996

/isa.

AGRADECIMIENTO A:

Dios por permitirme culminar mis estudios.

El Ingeniero Oscar Manuel Velasquez Coronado, por su valiosa e indispensable asesoría, y colaboración brindada para la realización del presente trabajo.

La empresa Presforzados Técnicos S.A., por su colaboración y apoyo.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA A:

MIS PADRES Clara Alicia Peralta de López
Horacio Valle Dawson

MIS HERMANOS Mirna, Edwin y Carlos Joaquín

MI SOBRINA Luisa Maria

A LA FAMILIA SARMIENTOS

MIS COMPANEROS Y AMIGOS QUE ME HAN BRINDADO SU AMISTAD Y
CARINO.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVOS	5
CAPITULO I	
CONSERVACION VIAL	
1.1 Tipos de Carga	6
1.2 Necesidad de Evaluar la Capacidad de Carga	7
1.3 Incertidumbres en la Determinación de la Capacidad de Carga	8
CAPITULO II	
METODOLOGIA GENERAL DE EVALACION	
2.1 Guías para la Evaluación de la Capacidad de Carga	12
2.2 Inventario de las Estructuras	13
2.3 Inspección Preliminar	13
2.4 Inspección Detallada	17
2.5 Recopilación y Análisis de la Documentación	19
CAPITULO III	
DETERMINACION TEORICA DE LA CAPACIDAD DE CARGA	
3.1 Solicitaciones	20
3.2 Resistencias	22
3.3 Estimaciones Gruesas de la Resistencia	23
3.4 Elementos Típicos	24
3.4.1 Losas de Concreto Reforzado	24
3.4.2 Vigas de Concreto Reforzado	25
3.4.3 Superestructura de Acero	26
3.4.4 Puentes de Concreto Presforzado	26
3.5 Verificación en la obra	27

CAPITULO IV**TRABAJOS DE CONSERVACION**

4.1	Técnicas Empleadas en la Reparación	28
4.1.1	Concreto Lanzado	29
4.1.2	Placas de Acero Pegadas	30
4.1.3	Inyección de Fisuras con Resinas Epóxicas	30
4.1.4	Presfuerzo exterior	30
4.2	Cambio de Apoyos	31

CAPITULO V

EJEMPLO DE APLICACION	32
------------------------------	-----------

CONCLUSIONES	49
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	51
------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	52
---------------------	-----------

ANEXOS	
---------------	--

INDICE DE TABLAS Y ESQUEMAS

TABLAS		Página
Tabla No.1	Evolución de los esfuerzos de resistencia máxima del acero	23
Tabla No.2	Evolución de las cargas usadas para el diseño de puentes	24
Tabla No.3	Propiedades geométricas de la sección simple de la viga I del puente analizado en el ejemplo	39
Tabla No.4	Esfuerzos producidos por el preesfuerzo	45
ESQUEMAS		
Esquema No.1	Sección simple de la viga analizada en el ejemplo para obtención del centroide	38
Esquema No.2	Sección compuesta de la viga analizada en el ejemplo	38
Esquema No.3	Diagrama de cuerpo libre de una sección del puente analizado para obtención de momentos	42
Esquema No.4	Diagrama de cuerpo libre para obtención de la fuerza cortante máxima	42

GLOSARIO

- ACERAS:** Elementos que se construyen en el puente para el tráfico peatonal, por lo que deben dar seguridad y comodidad al usuario, existen de diferentes materiales, entre los más usados están: concreto armado, acero, madera, o una combinación de éstos.
- BARANDALES:** Se construyen en los bordes de las aceras, para dar la seguridad al usuario y su construcción varía dependiendo del material usado.
- BORDILLOS:** Son componenetes del puente o carretera, que sirven para dividir carriles, o proteger elementos y se basan en la diferencia de altura con respecto al nivel del paso del tráfico vehicular.
- DIAFRAGMAS:** Son miembros rígidos empotrados en miembros elásticos como son las vigas; se deben colocar para darle rigidez a la superestructura en el sentido transversal.
- DISPOSITIVOS DE APOYO:** Son todos los elementos que transmiten la carga de la sepeestructura a la subestructura, permitiendo el movimiento longitudinal provocado por expansión y la contracción.
- ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL TABLERO:** Constituyen la parte estructural que soporta las cargas que transitan, pueden estar contruídos por losa de concreto armado, planchas de acero, rejillas de acero, etc.
- ESTRIBOS:** Son elementos que soportan los extremos de un tramo simple o de una superestructura de varios tramos, además retienen el relleno del terraplen de acceso. Su diseño puede ser de marco rígido, muro en voladizo, muro de gravedad, columna única, pilotes, etc.
- FATIGA:** Se denomina así a la disminución de la carga de rotura que experimenta un elemento sujeto a numerosos ciclos de carga variable, respecto de otro de iguales características, al que se aplica carga creciente en forma regular.

LOSA DE SUPERFICIE O TABLERO: Es aquella que descansa sobre la superestructura y está constituida por elementos estructurales, capa de desgaste, aceras, bordillos y barandales.

NEOPRENO: Es un material aislante, que permite absorber al apoyo de una estructura rotaciones y movimientos horizontales medianos. Su componente básico es caucho sintético y es apropiado para la mayoría de los climas.

PILAS: Son las que soportan las partes intermedias de una superestructura de varios tramos, su forma y diseño es similar a los estribos con la variante que no resisten el relleno del terraplén, sin embargo es necesario tomar en cuenta tanto la corriente de agua como el material de arrastre.

PILOTES: Este tipo de estructura puede ser utilizado tanto en los estribos como en las pilas, por lo general no usan cimientos ni zapatas; la forma de recibir la carga de la superestructura es por medio de un caballete o viga de apoyo fundida

PRESFUERZO: Es la tecnología mediante la cual a una estructura de concreto le son aplicados determinados esfuerzos, debidos a la tensión a que han sido sometidos cables o alambres de acero de tipo especial, que van alojados en su interior.

SOCAVACION: Se le denomina así al efecto que se produce en algunas obras, en las cuales son arrancadas las partículas sólidas en el fondo del río, hacia cualquier corriente de agua.

SUBESTRUCTURA: Es la parte del puente constituida por un conjunto de elementos que transmiten las cargas de la superficie al suelo de fundación. Existen muchos tipos de diseño, forma y materiales, algunos de ellos son: estribos, pilas y pilotes.

SUPERESTRUCTURA: Es todo el conjunto superior de elementos estructurales que soportan el tablero de paso y descansan sobre los dispositivos de apoyo.

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
I	Impacto
CM	Carga Muerta
CV	Carga Viva
L	Longitud
Φ	Factor de reducción de resistencia
$f'c$	Esfuerzo de ruptura a compresión del concreto
f_s	Esfuerzo de resistencia máxima del acero de presfuerzo especificada
f_y	Esfuerzo de resistencia máxima del acero
Y_b	Distancia de la fibra inferior al centroide
Y_t	Distancia de la fibra superior al centroide
I	Momento de inercia centroidal
A	Area
d	Distancia del centro de la figura al centroide de la viga
n	Factor de equivalencia
b	Ancho de la sección compuesta
Pp	Peso propio
FI	Factor de Impacto
FDT	Factor de distribución transversal
fps	Esfuerzo en el refuerzo presforzado a la resistencia nominal
fpu	Resistencia especificada a la tensión de los cables de presfuerzo
fp neta	Esfuerzo en el refuerzo de presfuerzo neto
Fp	Fuerza neta

M_p	Momento neto
P	Carga aplicada
e	Excentricidad de la fuerza de compresión producida por el presfuerzo
f_b	Esfuerzo en la fibra inferior
f_t	Esfuerzo en la fibra superior
V	Fuerza cortante
ρ_p	Porcentaje de refuerzo presforzado
A_{ps}	Area del refuerzo presforzado en la zona en tensión
B	Ancho de la cara en compresión del elemento
d_p	Distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo presforzado
γ_p	Factor para el tipo de cable de presfuerzo
β_a	Factor de reducción de resistencia
M_u	Momento último

INTRODUCCION

La infraestructura vial de Guatemala, es muy escasa, toda vez que aún se presentan serias carencias de carreteras y puentes, principalmente en el interior del país. Aunado a esta situación, la falta de mantenimiento y conservación de la misma, repercute negativamente en la vida útil de dicha infraestructura.

En razón de lo anteriormente señalado, este trabajo de tesis EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE ESTRUCTURAS DE PUENTES EN CARRETERAS, pretende ser un aporte a la metodología de conservación y mantenimiento de puentes en carreteras, con el propósito de prolongar la vida útil de los mismos, lo cual incide positivamente en un menor costo financiero para la economía nacional, tomando en cuenta la seria problemática financiera de Guatemala.

El presente trabajo, fue elaborado mediante una investigación bibliográfica, tomando como referencia las normas de los Códigos de la AASHTO, ACI 318-89 y las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, de la Dirección General de Caminos; complementada con entrevistas personales y a instituciones, públicas y privadas, cuyas actividades se orientan a la construcción, conservación y/o mantenimiento de la red vial.

ANTECEDENTES

Uno de los principales problemas que presenta Guatemala es la escasez de recursos financieros para atender la construcción y/o ampliación de obras de infraestructura básica y social. En estas condiciones la inversión que el Estado realiza en la construcción de dichas obras es limitada, por lo que deben realizarse bajo las mejores técnicas disponibles.

Es indispensable tomar en cuenta la importancia que reviste el mantenimiento que se debe dar a las obras de infraestructura física, ya que esto implica la prolongación de la vida útil de las mismas.

La red vial cumple una función de primer orden en el desenvolvimiento de cualquier nación, toda vez que permite la movilización de personas, productos terminados, materias primas e insumos, base para el desarrollo socio-económico.

Actualmente se comienzan a implementar algunos programas relacionados con la conservación de la red vial nacional; orientados a la búsqueda de opciones de solución a la problemática del deterioro que sufren las carreteras, además muchos de los puentes se encuentran en condiciones desfavorables de seguridad estructural, mismos que llegaron a ese estado debido a muchos factores de diversa índole, tales como:

1. Naturales: Sismos, lluvias, tormentas, inundaciones, y deslizamiento de suelos.
2. Estructurales: Fallas en el dimensionado de las obras, defectos de construcción, adaptación a nuevos reglamentos de construcción y modificación de las condiciones de utilización.
3. Accidentales: Incendios, explosiones y choques.
4. Envejecimiento: Desgaste, corrosión, oxidación y fisuración.

La necesidad de cuidar, vigilar y reparar las obras estructurales en Guatemala, es un concepto reciente; hasta en los últimos 10 años se principió a incluir en los presupuestos, además de la inversión un renglón para conservar las estructuras. La renovación (mantenimiento, reparación y refuerzo) es más económica que la demolición y posterior reconstrucción. El mejor método de renovación es el mantenimiento, siendo éste a la vez más económico. El costo de una operación de renovación representa como máximo el 50% del costo de una reconstrucción, en la mayoría de casos el tráfico queda poco afectado durante las obras de renovación y

en el desarrollo de estos trabajos se emplea mano de obra local y se favorece la transferencia de tecnología.

El concepto sobre conservación vial ha cobrado importancia a nivel nacional e internacional, como se aprecia en el artículo publicado en el diario Prensa Libre, del 2 de mayo de 1,995 que literalmente dice: "El estado alarmante en el que se encuentran las carreteras en América Latina y el Caribe amerita una nueva manera de afrontar su conservación, según un estudio de la Comisión Económica de la ONU para la región, CEPAL. Las conclusiones del estudio se reseñan en el libro CAMINOS: UN NUEVO ENFOQUE PARA LA GESTION Y CONSERVACION DE LAS REDES VIALES, cuya segunda edición ampliada ha aparecido los últimos días bajo el patrocinio de la CEPAL.

En la obra se dan a conocer cifras alarmantes sobre el negativo impacto en las economías nacionales por el deterioro de las principales vías latinoamericanas y del Caribe.

Al mismo tiempo, se proponen urgentes soluciones a fin de evitar el colapso vial y el desmedido gasto posterior en la reconstrucción de la red.

El estado general de las carreteras latinoamericanas es deficiente debido a que lo normal hasta hoy ha sido permitir su deterioro y luego reconstruirlas, en vez de mantener un sistema expedito de conservación.

Además, habitualmente, los gobiernos de turno han preferido financiar la construcción en desmedro de la conservación, según el estudio de la CEPAL.

En la obra se concluye que es urgente y necesario introducir un nuevo concepto sobre conservación, y transformarla en un sistema totalmente distinto al que ha regido en los países del continente.

La gestión de conservación debería ser desarrollada por empresas especializadas.

Por otra parte, debe asegurarse un financiamiento oportuno, suficiente y estable para esta actividad mediante la formación de un fondo específico constituido por pagos que los usuarios harían por recibir un eficaz servicio de conservación vial.

En concreto, se propone la creación de un Consejo Nacional de Conservación Vial, entidad autónoma y especializada, que tendría el control normativo del estado de la vías y de las empresas a cargo de la gestión de conservación."

INSTITUTO VIAL
INSTITUTO VIAL

En Guatemala los problemas de conservación de puentes han empezado a ser atendidos porque resulta evidente que se estaban presentando problemas de comportamiento en las estructuras viales; en el último quinquenio se han realizado obras de mantenimiento y reparación con un alto grado de dificultad, tal es el caso de la reparación del puente Martín Prado Vélez o El Incienso (1994-1995).

Por último, cabe mencionar que existen algunos trabajos relativos a mantenimiento de puentes contenidos en las tesis denominadas:

1. "MANTENIMIENTO DE CARRETERAS"
Marco Tulio Aguirre Duarte, USAC 1989
2. "ANALISIS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO VIAL"
Sherry Lucrecia Ordoñez Castro, USAC 1987
3. "MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLADOS Y PUENTES"
Mario Martínez Morales, USAC 1979
4. "TRABAJOS DE SUPERVISION DE PUENTES"
Oscar René Hernández Antillón, USAC 1959
5. "MANTENIMIENTO DE PUENTES DE CONCRETO Y DE METAL"
Diógenes Estuardo Cuellar Martínez, USAC 1987

los cuales cubren básicamente los aspectos de mantenimiento e inspección de puentes; no obstante no han cubierto la determinación de la capacidad de carga de la estructura existente, factor muy importante para definir procesos de rehabilitación.

OBJETIVOS

GENERALES

- Reforzar, en el profesional de la Ingeniería el concepto del buen uso de los recursos, orientado al mantenimiento de las estructuras de la red vial del país, estableciendo en primer lugar medidas preventivas y en segundo correctivas, ya que es más económico en muchos casos evaluar, conservar y/o reparar una estructura que reponerla.
- Proporcionar elementos de juicio y criterios generales para el procedimiento de "EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE ESTRUCTURAS DE PUENTES EN CARRETERAS"; lo que combinado con los procesos de inspección y evaluación para mantenimiento y reparación, permita elaborar diagnósticos y políticas de conservación para acondicionarlos a las exigencias crecientes del desarrollo.

ESPECIFICOS

- Mostrar un procedimiento definido para la evaluación de la capacidad de carga de una estructura existente
- Evaluar la capacidad de carga de una estructura real y de gran importancia vial, diseñada según normas AASHO con carga HS-15-44 que soportaa actualmente volúmenes altos de tráfico. Puente Villa Lobos IV.

CAPITULO I

CONSERVACION VIAL

El objetivo de la conservación vial es mantener en niveles adecuados los parámetros indicadores de seguridad para el usuario como lo son:

- visibilidad
- capacidad de carga
- comodidad del conductor
- superficie de rodadura en buen estado
- barandales y bardas de protección
- adecuada señalización

además conservar el valor intrínseco que tienen las obras de infraestructura vial.

Para proteger a las carreteras y a sus estructuras de los daños que pueda producir el aumento de tránsito de vehículos pesados sin ningún control y evitar que disminuyan las condiciones de seguridad para el usuario, se han emitido normas que determinan las características de los vehículos que pueden circular sin ninguna restricción, además establecen que aquellos cuyas características excedan a las permitidas por la ley, pueden circular únicamente con permiso especial, siempre que tomen medidas de seguridad.

1.1 TIPOS DE CARGA

Un puente puede estar sometido a diferentes tipos de carga, tales como carga viva, carga muerta, de viento, etc. Para los propósitos de este trabajo son de interés únicamente los efectos producidos por la carga muerta y la carga viva.

La carga muerta se define como el peso propio de la estructura, incluyendo cables, tubería, conductos, y demás instalaciones de servicio público, agregando a ésta la capa de rodadura, cuando se trate de un material diferente al de la superficie del puente. La carga viva es el peso y el impacto aplicado a la estructura por los vehículos que transitan sobre ella, este tipo de carga es difícil de definir, cuantificar y evaluar.

CARGA VIVA DE DISEÑO

En nuestro país las cargas usadas son las establecidas por las especificaciones de la The American Association of State Highway and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.) las cuales establecen dos tipos de carga las cargas H y las cargas HS (ANEXO 1).

La carga H consiste en un camión de 2 ejes o su correspondiente carga de pista que equivale a un tren de camiones, nombrándose como H seguida de un número que indica el peso total del camión en toneladas. La carga HS consiste en un cabezal con semi-remolque o su correspondiente carga de pista, nombrándose como HS seguida de un número que indica el peso total del cabezal en toneladas.

La Dirección General de Caminos usa en la actualidad para el diseño las especificaciones de AASHTO y la carga HS-20-44 (en las especificaciones anteriores a la 9a. edición de las Standar Specifications for Highway Brindges era la H 15-S 12-44) que es la mínima carga de diseño permitida por estas especificaciones para carreteras troncales o para carreteras que tengan tránsito de camiones pesados.

LIMITES ESTABLECIDOS POR EL ACUERDO CENTROAMERICANO SOBRE CIRCULACION POR CARRETERAS

El objetivo de este acuerdo estriba en el establecimiento de normas uniformes para la circulación por carreteras en toda Centro América, tendientes al logro del desarrollo y la seguridad del transporte internacional de vehículos (ANEXO 2). Sin embargo, en la actualidad con el incremento de dimensiones y pesos de los vehículos de transporte, es aconsejable proyectar al futuro trenes de carga estándar más actualizados. Se sabe por ejemplo que en México utilizan la combinación TE-S2 y TE-S3 (ANEXO 3). Que refleja en mejor forma las características del transporte terrestre de carga actual.

2.2 NECESIDAD DE EVALUAR LA CAPACIDAD DE CARGA

Los puentes de la red nacional de carreteras se encuentran en su mayoría en condiciones desfavorables de seguridad estructural. Por una parte las cargas que en la actualidad circulan sobre ellos, aún las que respetan las limitaciones legales son mucho mayores que las que se han considerado en el proyecto de esas obras; y por otra parte la resistencia de las estructuras se ve disminuída cada día por los daños físicos impuestos por los agentes naturales de deterioro, daños que durante muchos años no habian sido contrarrestados por políticas sistemáticas de conservación.

La modernización que se intenta realizar en todos los órdenes de la vida económica del país redundará en el incremento substancial de las demandas de tránsito sobre la red, por lo que muchas de las carreteras existentes deberán modificarse para adecuarlas a ese crecimiento de la demanda de transporte.

Se estima entonces la necesidad de definir qué tratamiento habrá que darse a los puentes antiguos que estén comprendidos dentro de una carretera que al ser modernizada recibirá cargas de mayor peso y mayor frecuencia. Una actitud simplista conduciría al desecho de esas obras, para sustituirlas por estructuras nuevas, diseñadas para las nuevas condiciones y con una aplicación rigurosa de las normas de proyecto, dicha actitud podría justificarse ya que es evidente que el simple aumento de las cargas originará que esos puentes antiguos no cumplan con las condiciones de seguridad reglamentarias. Dicha actitud sería totalmente impráctica y altamente desaconsejable, teniendo en cuenta la escasez actual de recursos económicos.

Los puentes existentes pueden reforzarse o reestructurarse para poder soportar en condiciones adecuadas de seguridad, las nuevas cargas. Para poder definir la cuantía del reforzamiento, el primer paso a seguir será la definición de la capacidad de carga de la estructura existente, el cual es el tema central de este trabajo.

1.3 INCERTIDUMBRES EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL

Determinar la capacidad de carga no es un problema tan fácil, ya que está sujeto a numerosas incertidumbres. Las incertidumbres se tienen, en primer lugar en la determinación de los verdaderos efectos que las cargas producen en los puentes. Los aspectos más importantes son los siguientes:

1.3.1 EFECTO DINAMICO

Las normas de proyecto contienen recomendaciones para el cálculo de puentes que permiten considerar las cargas vivas como cargas estáticas, sin embargo esta consideración es simplista, ya que las cargas vivas son cargas dinámicas. Sus efectos en una estructura deben ser función de la masa, de la velocidad y de la frecuencia de aplicación de la carga, así como de la masa y rigidez de la estructura, que definen la frecuencia natural de vibración de ésta. De acuerdo a esto la carga viva debería ser diferente para cada tipo de superestructura.

1.3.2 FATIGA

Diversas experiencias de laboratorio y observaciones de estructuras reales permiten afirmar, que el daño en los puentes no se genera fundamentalmente por el aumento de magnitud de la carga aplicada, sino por la fatiga estructural ocasionada por la repetida aplicación de las mismas.

Un puente puede admitir sin daño una carga considerablemente mayor que la de proyecto, si se la aplica por una sola vez; en cambio la aplicación de numerosos ciclos de cargas poco mayores que la de proyecto pueden causar deterioros importantes por el efecto de fatiga. Fatiga se denomina a la disminución de la carga de rotura que experimenta un elemento sujeto a numerosos ciclos de carga variable, respecto de otro de iguales características al que se aplica carga creciente en forma regular.

Desafortunadamente las investigaciones realizadas todavía dejan muchas incertidumbres para la valuación del efecto de fatiga de estructuras completas y en el caso de puentes reales se parte de un desconocimiento de la historia de carga, lo que hace aún más incierto este efecto.

1.3.3 DETERIORO FISICO

La falta de recursos destinados a la conservación y el hecho de que los materiales que conforman la carretera propiamente dicha sean más frágiles que los que constituyen los puentes, determinó hasta hace pocos años, que los recursos aplicados a la conservación de puentes fueran prácticamente nulos. Debido a esto los daños acumulados ocasionados por los agentes naturales produjeron un deterioro físico importante en un gran número de estructuras.

Aunque se han realizado numerosas investigaciones de laboratorio sobre durabilidad de materiales y muchas otras están todavía en proceso, no es posible en una estructura real cuantificar la extensión de los daños físicos con absoluta precisión y evaluar técnicamente la merma en la capacidad estructural que ese deterioro físico produce.

Otras incertidumbres son de tipo favorable porque tienden a explicar mayores capacidades estructurales en los puentes que las que usualmente se estiman, lo que muchas personas han llamado erróneamente "la nobleza de los materiales". Dentro de los principales aspectos que merecen considerarse están los siguientes:

- a. Los esquemas que se siguen normalmente para el análisis de superestructuras son conservadores, ya que idealizan al sistema como contenido en un plano, tanto por lo que se refiere a las cargas aplicadas como a los elementos resistentes. Las superestructuras de puentes son en realidad estructuras tridimensionales en las que las cargas son resistidas por todos los elementos trabajando en conjunto e integrando una plataforma.

La rigidez relativa de las vigas a flexión y de los diafragmas a torsión pueden considerarse aplicando

procedimientos sofisticados para análisis de sistemas de piso, con los cuales se obtienen en general resultados más favorables que aquellos que resultan del seguimiento de los métodos empíricos, tales como las estimaciones de factores de concentración.

- b. Otra reserva de capacidad que usualmente no se toma en cuenta viene del hecho que usualmente la verificación numérica de ésta se realiza aplicando el método de diseño de los esfuerzos de trabajo comúnmente denominado Método Elástico; con este método no se toma en cuenta el comportamiento real de las estructuras en la vecindad de la falla y se subestima en ocasiones en forma importante, la capacidad última de la sección.

Aunque los métodos de diseño basados en la estimación de la resistencia última comenzaron a ser aplicados en los proyectos de edificios desde 1958, su aplicación en la práctica de diseño de puentes ha sido más lenta, lo que se explica en parte porque las Normas AASHTO incluyeron recomendaciones precisas para diseño último de puentes sólo desde 1983; y por otro lado por razones de costumbre e inercia de los proyectistas para modificar sus procedimientos de cálculo.

El atraso en la introducción del llamado Método plástico en el diseño de puentes obedece a la dificultad para determinar los factores de carga aplicables a la carga viva que los solicita. Es sabido que los factores de carga que aplicados a las cargas de servicio permiten definir las cargas últimas, que debe resistir la estructura, se definen con base en un análisis estadístico de los valores que realmente toman dichas cargas de servicio. En los puentes las cargas vivas toman valores muy dispersos; sobre ellos pueden pasar desde peatones hasta camiones de muchos ejes. Esta dispersión dificultó por mucho tiempo la definición de factores de carga viva y por ende la introducción del método de resistencia última en el proyecto de puentes. Sin embargo las nuevas normas AASHTO de 1983 contienen ya recomendaciones precisas que permiten, con base en el método de la resistencia última, investigar con mejor aproximación la capacidad de puentes existentes.

Dentro del mismo contexto cabe señalar el hecho que los análisis que determinan los elementos mecánicos actuantes, se realizan considerando un comportamiento elástico de la estructura. Si se estudia el mecanismo que conduce a la falla global de una estructura hiperestática, se observa que la sucesiva aparición de articulaciones plásticas en secciones que van agotando su resistencia determina sistemas en los que se redistribuyen los elementos mecánicos originales, definiéndose así una capacidad de carga adicional antes de la rotura. La cuantificación de este efecto se

realiza mediante el llamado Análisis Plástico, que en general es de elaboración difícil pero que vale la pena emprender en algunos casos en que se necesita una más justa evaluación de la resistencia.

CAPITULO II

METODOLOGIA GENERAL DE EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE PUENTES EN CARRETERAS

El objeto general de la evaluación de estructuras es dar una seguridad adecuada en la circulación y además establecer medidas correctivas para el mantenimiento y reparación de puentes de carreteras.

La evaluación de la capacidad estructural y de servicio de un puente existente abarca las etapas siguientes:

1. Inventario de las estructuras
2. Inspección preliminar
3. Inspección detallada
4. Recopilación y análisis de la documentación
5. Determinación teórica de la capacidad
6. Verificación en la obra
7. Diagnóstico y propuesta de mantenimiento/reparación

En el estudio de tesis titulado "Mantenimiento de puentes de concreto y de metal" ^{1/}, se presenta un ejemplo del proceso de inspección como parte de un programa de mantenimiento; sin embargo como lo muestra este trabajo, es indispensable proseguir y determinar la capacidad real de carga de la estructura, ya que de esta manera se podrá definir en forma precisa y objetiva el tratamiento de reparación y renovación requerido para que la conservación ha realizar tenga un impacto económico real, al alargar la vida útil del puente.

2.1 GUIAS PARA LA EVALUACION DE LA CAPACIDAD

Ante las incertidumbres anteriormente mencionadas, tanto favorables como desfavorables, se han desarrollado guías para que el proyectista de puentes pueda evaluar la capacidad de carga de puentes existentes. Estas guías han surgido en países desarrollados como América del Norte y Europa occidental, en los que el problema de definir el tratamiento que hay que dar a puentes antiguos es mucho más agudo que el que se tiene en países en vías de desarrollo como el nuestro.

En los países altamente industrializados, la construcción intensiva de vías terrestres de comunicación, se inició a mediados del siglo XIX y en consecuencia existen en ellos gran número de puentes con más de 100 años de antigüedad y muchos más con edades superiores a 50 años, todos los cuales resultan inadecuados geométrica y estructuralmente para los requerimientos del tránsito actual.

^{1/}Cuellar, Diógenes. Mantenimiento de Puentes de Concreto y de Metal. Tesis Ing. Civil. USAC, Guatemala 1987.

La AASHTO publicó en 1977 un documento titulado "Especificaciones para Verificar la Capacidad de Carga de Puentes Existentes", además la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo, publicó en 1981 dos documentos relativos al mantenimiento y la conservación de puentes, que contienen recomendaciones para la evaluación de la capacidad de carga. En Guatemala los problemas de conservación de puentes, aunque en pequeña escala han empezado a ser atendidos, porque resulta evidente que se estaban presentando problemas de comportamiento en las estructuras viales, como lo es el puente Martín Prado Velez o puente El Incienso, en la ciudad de Guatemala.

A continuación se expondrán algunos criterios que se han establecido con base a la información obtenida de varios documentos y la solución de problemas prácticos en las condiciones de nuestro medio, para el establecimiento de un programa de mantenimiento y renovación de estructuras viales.

2.2 INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS

La finalidad del inventario es conocer el número de puentes, su tipo y su ubicación, para organizar un archivo general; las obras se organizan para el inventario por carreteras y éstas a su vez por departamentos. En la práctica se trata de hacer una relación de cada puente en donde se describen los elementos principales que individualizan y definen a cada uno. Esta relación se compone de los parámetros siguientes:

1. Nombre
2. Localización
3. Características principales
 - Número de claros
 - Longitud de cada tramo
 - Ancho de calzada, de banquetas y camellones
 - Tipo de estructuración del tablero
 - Tipo de estructuración de la subestructura
 - Tipos de aparatos de apoyos
 - Tipo de los accesos (corte, terraplen)
 - Materiales de la superestructura y de la subestructura.

2.3 INSPECCION PRELIMINAR

La inspección preliminar se basará en una simple observación visual y puede estar a cargo de personal técnico no especializado en puentes, pero que haya recibido un breve adiestramiento para revisar este tipo de obras.

Como inspección preliminar puede servir una inspección rutinaria que forme parte de un programa de mantenimiento de puentes. Para ello se deben ver de cerca los elementos siguientes:

- Estado general de la calzada: carpeta, drenajes, banquetas, y barandal.
- Junta de calzada
- Aparatos de apoyo
- Elementos de estructuras longitudinales (losa, vigas, cajones)
- Losa
- Subestructura
- Accesos

Se buscará como cuestion general, problemas en:

Elementos de concreto

Zonas en que el material esté:

- Desprendido
- Con fallas de continuidad (falta de un adecuado acomodo durante su colocación)
- Se vea con manchas o signos más avanzados de oxidación del refuerzo.

Elementos de Acero

Zonas de material

- Con faltas de una protección adecuada
- Diversos grados de corrosión

Conexiones

- Estado de las mismas

En estos elementos se deberá verificar, cuando menos los puntos críticos (que son aquellos en donde pueden aparecer primero los problemas) y que son en los elementos longitudinales, se debe buscar los signos de falta de capacidad que son los siguientes:

- a. Por flexión, a centro de tramo de la fibra inferior de la sección y para tramos continuos sobre los apoyos en la fibra superior.
- b. Por cortante, en los extremos en el alma y a la altura del centroide de la sección.
- c. Extremos de viga, y en la parte inferior originados por el bloqueo de las juntas y por la no existencia o deficiente estado de los aparatos de apoyos o inadecuado detallado del refuerzo en esta zona.

En la losa, fisuras en la fibra inferior al centro de los claros y en la parte superior en los empotramientos con las vigas o diafragmas o en los puntos de inflexión (a veces éstos no se observan por la existencia de la carpeta asfáltica).

- a. En las juntas de calzada :
 - a.1 Que no haya obstrucciones de cuerpos extraños
 - b. Que sus soportes esten:
 - b.1 Firmemente fijados al tablero (que no tengan movimiento o sea desprendimiento)
 - b.2 Que no estén rotos, incompletos o deformados.
 - b.3 Que la parte superior esté a nivel de la calzada en toda su longitud, que no esté hundida y muy en particular que no estén levantados.
 - b.4 Que sean estancas.
- c. En los aparatos de apoyo:
 - c.1 Que no estén intemperizados (corroídos los del tipo metálico, o faltos de la elasticidad adecuada en los de neopreno = fisuras en su superficie)
 - c.2 Que se vean sanos (metálicos, partes rotas; neoprenos, despegada la vulcanización).
 - c.3 Que no esté bloqueado su funcionamiento.
 - c.4 Que no tenga deformaciones excesivas (metálicos, desplazamiento no admisibles; neopreno, distorsiones excesivas).
 - c.5 Que estén en su posición correcta.
 - c.6 Que estén firmemente fijados.
 - c.7 Que sus superficies de apoyo estén bien horizontales o que haya sido previsto su funcionamiento en otra posición.
 - c.8 Que las superficies de apoyo estén sanas.
 - c.9 Que estén limpios.
- d. En los topes sísmicos:
 - d.1 Que existan.
 - d.2 Que se vean sanos.
 - d.3 Que tengan las holguras necesarias para los movimientos normales de la superestructura.
 - d.4 Que estén ubicados de tal manera que sea posible que la superestructura se deslice en relación a la subestructura.

- e. En la subestructura:
 - e.1 Deslave o mal estado de conservación de los materiales del terraplen.
 - e.2 Falta de protección de los mismos.
 - e.3 Falta o estado inadecuado del drenaje u lavaderos.
 - e.4 Hundimiento de los accesos.
 - e.5 Falta de forma geométrica a los taludes.

- f. En el cauce:
(En caso de ríos, arroyos, drenaje de una zona)
 - f.1 Falta de encauzamiento.
 - f.2 Cauces meandrosos.
 - f.3 Socavación bajo cimentaciones.
 - f.4 Deslaves de márgenes por estar ubicado el puente en una zona de curva.
 - f.5 Falta de limpieza del cauce por existencia de:
 - f.5.1 Arbustos
 - f.5.2 Arboles
 - f.5.3 Material arrastrado
 - f.5.4 Existencia de bombes de agua cerca de las cimentaciones que puedan causar hundimiento a los apoyos.
 - f.5.5 Existencia de préstamos de material del cauce que pueda provocar socavación a las cimentaciones.
 - f.5.6 Drenajes de tuberías en la zona de cimentaciones que provoquen socavaciones.

Toda esta información debe manejarse en un reporte que contenga los siguientes datos:

1. Datos de localización de la estructura
2. Datos del tipo de superestructura
3. Datos del tipo de subestructura
4. Datos del trazo geométrico
5. Esquemas de la planta y elevación del puente
6. Secciones transversales del tablero
7. Elevación de pilas y estribos

8. Descripción y estado físico de los elementos:
 - a. Juntas de dilatación
 - b. Apoyos
 - c. Barandal
 - d. Tablero, diafragmas
 - e. Tablero, vigas
 - f. Tablero, losa
 - g. Tablero, deformaciones

9. Estudio del cauce
 - a. Tipo
 - b. Efectos de la socavación
 - c. Datos del encauzamiento
 - d. Obstrucciones

10. Estado de la subestructura
 - a. Socavación
 - b. Impacto
 - c. Hundimientos
 - d. Desplomes
 - e. Agrietamiento

11. Revisión de accesos y conos de derrame
12. Drenajes
13. Señalamientos
14. Alumbrado

Los daños son evidencias físicas de deterioro, se refieren a la estructura y su entorno. Por otro lado las estructuras presentan comportamientos anómalos que sin llegar a producir daño físico, son indicativos de su debilidad estructural, por ejemplo las deformaciones y vibraciones excesivas.

Desde el punto de vista de la capacidad estructural, los daños de mayor interés son las grietas, huellas de golpes, desconchaduras e indicios de corrosión. Además en la inspección preliminar es importante revisar el comportamiento hidráulico de la obra para detectar huellas de socavación. También debe observarse la capacidad vial de la obra; sin embargo, estos aspectos hidráulicos y de vialidad escapan del tema de este trabajo, por lo que no se profundizará en ello.

La inspección preliminar debe ser acompañada de una evaluación sobre la importancia de los daños observados, sobre todo para que se pueda definir si la obra presenta indicios suficientes de debilidad como para ameritar que se estudie detalladamente.

2.4 INSPECCION DETALLADA

La inspección detallada se realizará sobre una obra que vaya a ser objeto de tareas de reconstrucción o reforzamiento. Esta inspección requiere de dispositivos que permitan el acceso a todos los puntos críticos de la obra (escaleras, plataformas móviles, etc.) y el uso de equipos que permitan mediciones de mayor precisión. Estos elementos son vitales en este tipo de trabajo y serán determinantes, tanto en la ejecución adecuada como en el éxito global de un trabajo correcto.

A manera de ilustración se presentan esquemas de artefactos de este tipo, que en países desarrollados se obtienen de fábrica en forma comercial, los dispositivos pueden ser escaleras, canastas, pasarelas, etc. Como contraparte se presentan esquemas de los dispositivos contruídos localmente, utilizados en la reciente rehabilitación del puente El Incienso (Cuidad de Guatemala noviembre 1993 -enero 1995, ANEXO 4).

En el caso de las pasarelas, éstas son generalmente del ancho del tablero a inspeccionar, de tal manera que una vez posicionada permite revisar una zona completa de aproximadamente 5 mts. de longitud por todo el ancho. Se inspeccionan vigas, losas, diafragmas y aparatos de apoyo, barriendo transversalmente el tablero por debajo, teniéndose una muy buena visión hasta de 2 mts. de cada lado. La función de la pasarela es la de proporcionar un piso para la observación de la parte inferior del tablero.

La pasarela debe tener además un barandal corrido por los cuatro lados, un sistema de suspensión, una manera de pasar del tablero del puente a la misma, dispositivos que permitan avanzar este equipo y una manera de pasar las pilas si fuese necesario. Las estructuras de la pasarela son generalmente dos, una por cada lado y frecuentemente se aprovechan para que hagan las veces de barandal; en la parte inferior se cruzan unos elementos transversales, de una a otra de las estructuras, para que sirvan de soporte del piso el cual puede ser metal o tablones.

El objetivo general de una inspección detallada será el de recabar datos para la elaboración del proyecto de rehabilitación. Previamente debe planearse qué datos son los que se requieren y en qué zonas específicas del puente.

En términos generales, algunas de las tareas de mayor importancia que pueden incluirse en una inspección detallada son las siguientes:

- Verificación de la congruencia entre los planos de proyecto y la obra real.
- Un levantamiento geométrico de la estructura, para el caso en que no se hayan conseguido planos (para este trabajo es de mucha utilidad la fotografía)
- Localización y cuantificación de los daños (por ejemplo: medición del espesor desgastado por la corrosión en perfiles metálicos; levantamiento de grietas, consingnando su espesor medido en campo con calibradores; etc.)
- Toma de muestras para pruebas de laboratorio, que permitan definir la calidad de los materiales; el número de

muestras debe ser suficientemente representativo, extrayendo por lo menos un corazón de concreto para cada elemento típico de la estructura. En el caso del acero estructural, las muestras pueden ser en menor número por tratarse de un elemento sujeto a menor variabilidad.

2.5 RECOPIACION Y ANALISIS DE LA DOCUMENTACION

Cuando se ha decidido hacer una investigación detallada de la obra, deberá procederse a recopilar toda la información técnica que se encuentre disponible. Dentro de esta información se tienen los planos constructivos, las memorias de cálculo, los estudios previos al proyecto (suelos, hidráulico, topográfico, etc.) los reportes de construcción y los informes de accidentes, daños y reparaciones.

No siempre es posible conseguir toda esta información, ya que no todas las entidades llevan un archivo técnico. En el caso de no contar con la misma, es recomendable averiguar los siguientes datos:

- Año probable de construcción
- Entidad directora de la construcción (Gobierno Central, Gobierno Municipal o Entidad particular)

Al finalizar esta etapa de recopilación se tendrá una cantidad de datos e informaciones, que deberán ser procesados de una manera técnica y racional, para formular procedimientos y/o programas de reparación, rehabilitación y renovación. Es aquí donde se requiere el complemento de la evaluación de la capacidad de carga, para ampliar el alcance de dichos estudios.

CAPITULO III

DETERMINACION TEORICA DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Los puentes existentes pueden reforzarse o reestructurarse para poder tomar las nuevas cargas en condiciones adecuadas de seguridad. Para poder definir la cuantía de reforzamiento, el paso más importante es la determinación de la capacidad de carga de la estructura existente.

Para esta determinación, conforme lo anteriormente expuesto, se aplicará el método de la resistencia última, a efecto de aprovechar el margen de seguridad que generalmente se tiene en los proyectos antiguos, que están diseñados para cargas menores, pero por el método conservador de los esfuerzos de trabajo.

En términos generales puede resumirse el método de diseño de la resistencia última como en el cálculo de las solicitaciones externas (S) en las secciones críticas de la estructura. Para esas mismas secciones se calcularán las resistencias últimas (R).

3.1 SOLICITACIONES

Se recomienda seguir los mismos pasos que se aplican en el cálculo de puentes nuevos, con las excepciones siguientes:

- Se aplicará el camión reglamentario más desfavorable. Para claros grandes es el T3-S2-R4 con peso total de 77.5 ton. y en claros menores es el T3-S3 con peso total de 46 ton. Las modificaciones de las cargas estandar AASHTO anteriormente usadas, reflejan el crecimiento real y potencial de los medios de transporte; dichas modificaciones han sido adoptadas por la Secretaría Federal de Caminos y Carreteras de los Estados Unidos Mexicanos.

Para los propósitos de este trabajo se aplicarán estas cargas, en virtud del considerable aumento que en los últimos años se ha manifestado en el tránsito Guatemalteco.

Esta suposición es conservadora puesto que las cargas AASHTO no pretenden representar camiones reales, sino unicamente son artificios de cálculo, que manejados como cargas estáticas producen efectos similares a los de una carga dinámica de alta probabilidad de ocurrencia.

- Aplicar tantos camiones como quepan en la longitud que se va a cargar (en puentes libremente apoyados en el claro),

separados entre si una distancia igual al largo de un camión. Esta suposición es también conservadora, más si se le compara con las disposiciones para puentes nuevos, en los que se toman los efectos de un sólo camión o de una carga de línea equivalente; esta última representa un tren de camiones pero no todos pesados, sino con alternancia de camiones pesados y vehículos ligeros.

- En puentes de dos bandas no se hará ninguna reducción por la probabilidad de que ambas bandas estén simultáneamente cargadas, pero sólo se consideran camiones reglamentarios en ambas bandas para puentes de autopistas o carreteras troncales. En puentes rurales podrá considerarse una sola banda cargada con el camión reglamentario y la otra sin cargar.
- Los efectos de carga viva se incrementan por impacto como se hace para puentes nuevos según el Código AASHTO sección 3.8.2 (ver referencias) aplicando la expresión

$$I = \frac{15.24}{L + 38.1} < 30 \% \quad (L \text{ en metros})$$

Sin embargo este factor se aumentará hasta un 50% si existen en el puente condiciones favorables para que los vehículos pesados transiten a gran velocidad o si existen desniveles o inflexiones bruscas de la rasante. También el impacto podrá reducirse a sólo 10% si se toman medidas para asegurarse de que el paso de las cargas se realiza a baja velocidad; esta prescripción puede resultar útil en el caso del paso de cargas especiales.

La sollicitación total se valuará según el Instituto Americano del Concreto, capítulo 9 (ver referencias) mediante las siguientes expresiones:

$$S = 1.3 (CM + 5/3CV)$$

$$S = CM + CV$$

S: Sollicitación total
 CM: Sollicitación por carga muerta
 CV: Sollicitación por carga viva + impacto

La primera se utilizará para comparar con la resistencia última, la segunda para revisar condiciones de agrietamiento en puentes de concreto.

Dejan de regir las limitaciones por flecha que se imponen para puentes nuevos (flecha máxima debida a carga muerta = $L/500$, flecha máxima debida a la carga viva = $L/800$).

3.2 RESISTENCIAS

Para el cálculo de las resistencias se aplicarán las expresiones que dan la resistencia última de las secciones, en función de sus características y las de los materiales. Hay que recordar sin embargo que estas resistencias se reducen multiplicándolas por ϕ , que es el factor de reducción de resistencia, para tener en cuenta incertidumbres en la estimación de la resistencia última según el tipo de falla. Por ejemplo para secciones a flexión $\phi = 0.90$, para secciones a cortante $\phi = 0.80$, etc.

En la revisión de puentes existentes, el ingeniero debe aplicar un factor de reducción adicional que se llamará γ y que tiene por objeto valuar globalmente el estado de deterioro de la estructura, pudiendo variar desde 1.00 para puentes en condiciones pésimas de conservación, hasta 0.7 para puentes en condiciones excelentes.

Se verificará entonces que:

$$S > \gamma \times \phi \times R$$

la AASHTO da recomendaciones para determinar las resistencias también por el método de los esfuerzos de trabajo.

En este método la sollicitación total es:

$$S = CM + CV$$

Y con base en ella se determinan por consideraciones de comportamiento elástico, los esfuerzos de trabajo en las secciones críticas, los que deben ser inferiores a los esfuerzos admisibles. En concreto reforzado el esfuerzo admisible será:

0.40f'_c a compresión por flexión en el concreto con fines de inventario

0.50f'_c a compresión por flexión en el concreto con fines de operación

Se dice que un puente se revisa con fines de inventario para estimar su capacidad de tránsito abierto (por largo tiempo, sin vigilancia). En cambio se dice que la revisión es con fines de operación cuando se hace para el paso de una sola carga vigilada. La diferencia toma en cuenta los efectos de fatiga que se presentan bajo numerosas cargas y no por una sola.

Para el acero de refuerzo, los esfuerzos admisibles son:
Acero estructural (usado antes de 1960)

f_s = 1265 kg/cm² (inventario)

f_s = 1800 kg/cm² (operación)

Acero de alta resistencia ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$)
 $f_s = 1700 \text{ kg/cm}^2$ (inventario)
 $f_s = 2500 \text{ kg/cm}^2$ (operación)

En puentes de acero estructural el esfuerzo permisible básico será $0.55 f_y$ con fines de inventario y $0.75 f_y$ con fines de operación. En cualquier caso en la revisión de estos puentes se tomarán en cuenta las áreas de los perfiles reducidas por corrosión.

3.3 ESTIMACIONES GRUESAS DE LA RESISTENCIA

Las recomendaciones anteriores para el cálculo de resistencia son válidas si se cuenta con planos o con levantamientos geométricos y escalas que permitan conocer las características de las secciones críticas y si además se tienen resultados de pruebas de muestras extraídas de la obra que aporten las resistencias características de los materiales.

Cuando por diversas razones no es posible contar con estos datos, podrá de todas maneras valuarse la capacidad de forma aproximada aplicando las recomendaciones siguientes:

- Si el concreto no muestra evidencias de deterioro o de mala ejecución, se puede suponer $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$. Si el puente es anterior a 1950 es probable que se haya construido con $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, pero si fue realizado adecuadamente es probable que haya aumentado su $f'c$. Si por el contrario el puente es relativamente reciente debe haberse construido con $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y al suponer $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ deja margen a posibles deficiencias de calidad.
- Para los aceros estructurales (perfiles) conviene tener presente la evolución de su calidad con el tiempo, por lo que el año de construcción de un puente es un dato de gran utilidad.

Año	1905	1905-1936	1936-1963	1963....
F_y	1800	2100	2300	2530 Kg/cm^2

Tabla No. 1

- Para los aceros de refuerzo es interesante tener en cuenta que hasta 1960 se utilizó el acero grado estructural con $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ y que desde esa fecha dicho acero desapareció para ser sustituido por el de alta resistencia que con el mismo costo alcanza $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

- Si el puente fué construído por una entidad confiable es probable que haya sido bien calculado y bien construído; teniendo en cuenta la siguiente evolución de las cargas usadas para diseño:

Año	1956	1957-1971	1972.
Carga por eje	15 13.3 ton	HS-15 24.0 ton	HS-20 32.6 ton

Tabla No. 2

Se puede valorar la sollicitación por carga viva, que será la sollicitación producida por la carga de diseño que regía en la época del proyecto. Valuando el efecto de las cargas reglamentarias (T3-S3 ó T3-S2-R4), se puede por resta valorar el incremento de sollicitación al que puede sumarse el incremento de carga muerta si lo hubiere (por ejemplo en las ampliaciones). El puente se refuerza para que los refuerzos tomen el incremento de sollicitación así valuado.

3.4 ELEMENTOS TIPICOS

3.4.1 LOSA DE CONCRETO REFORZADO

Si se revisan por el método de los esfuerzos de trabajo, las losas bajo las cargas reglamentarias resultan en condiciones sumamente críticas, puesto que dichos esfuerzos exceden a los permisibles hasta en un 70%. La revisión por resistencia última no resulta tan crítica pero tampoco se cumple. Estos resultados se explican porque en las losas de la calzada de puentes el efecto de la carga viva es altamente predominante, ya que la carga muerta es únicamente el peso propio y en ocasiones el peso del asfalto, que dan sollicitaciones muy pequeñas.

Es bien sabido que las losas de calzada han presentado numerosas fallas, caracterizadas por la apertura de baches al disgregarse el concreto y quedar solo el acero de refuerzo. Por lo que el incremento de la carga viva explica en parte, las fallas mencionadas; sin embargo la relación no es tan directa como podría pensarse a primera vista.

Se debe recordar que las expresiones que valúan el momento de diseño de una losa de puentes según AASHTO, son semiempíricas, que consideran una carga de rueda P aplicada al centro del claro libremente apoyado de la losa S y

repartido en un ancho de distribución E, según la fórmula

$$M = \frac{PS}{4E}$$

Posteriormente y tomando en cuenta que muchas losas de puentes estaban fallando por efecto de la corrosión, la AASHTO decidió modificar la expresión anterior y que es la expresión actualmente vigente, aumentando el claro en 2 pies y haciendo $E = 8$, lo que resulta

$$M = \frac{P(S + 2)}{32}$$

Las observaciones en las obras indican que la falla en la losa está casi siempre asociada a un mal drenaje, lo que provoca la formación de encharcamientos sobre la misma; lo que indica que en la losa no se desarrollan los esfuerzos previstos por el análisis de flexión bajo las cargas aplicadas y que las losas toman la carga trabajando como membranas, es decir, por la generación de fuerzas de compresión en su plano. Lo que indica que, desde el punto de vista estructural, las losas calculadas conforme AASHTO están sobradas aun para las nuevas cargas.

Como resultado de lo descrito anteriormente, en varios Estados de los Estados Unidos de América se publicó un reglamento para el cálculo de puentes, que permite colocar en las losas únicamente refuerzos nominales por temperatura, y es muy probable que con base a ello, se modifiquen próximamente las normas AASHTO, para especificar refuerzos en las losas mucho menores que los actuales.

Según lo anterior, puede concluirse que la prioridad que se tiene con las losas es protegerlas del deterioro ambiental, antes que de los efectos de las nuevas cargas. La protección que resulta más económica es la constante vigilancia del drenaje superficial para mantenerlo en condiciones adecuadas.

3.4.2 VIGAS DE CONCRETO REFORZADO

La revisión por esfuerzos de trabajo de estos elementos, bajo la acción de las nuevas cargas, indica que dichos esfuerzos exceden a los permisibles en un 25%. La revisión por el método de diseño último indica que la mayoría de vigas cumple con las normas, sujetas a cargas admisibles.

Estas revisiones explican que no se hayan registrado fallas por carga viva en vigas, con excepción de la aparición de grietas por cortante en muchas construcciones antes de 1964; esta deficiencia estriba en que antes de esa fecha se

sobreestimaba la fuerza cortante tomada por el concreto. En puentes recientes, calculados bajo el supuesto de que la fuerza cortante tomada por el concreto es nula, no presentan el agrietamiento diagonal de cortante ni siquiera bajo las nuevas cargas.

En otras vigas se han encontrado daños importantes generados aparentemente por las cargas excesivas, pero en la mayor parte de ellas el problema se genera por la falta de dispositivos de apoyo; al colapsarse este dispositivo la viga queda mal apoyada y se golpea al paso de la carga.

Los cálculos de la resistencia deben ser un elemento de juicio que norme el criterio, pero no serán determinantes, la decisión que se tome respecto a ella debe fundarse básicamente en lo que se aprecie sobre el estado físico de la obra en el sitio.

3.4.3 SUPERESTRUCTURA DE ACERO

Este tipo de estructuras es más peligroso que el de concreto reforzado en razón que generalmente tiene mayor antigüedad, por lo que fué diseñado para cargas menores, por lo que los esfuerzos de trabajo exceden hasta en 50% a los esfuerzos permisibles. El efecto más desfavorable de exceso estriba en que se producen flechas mucho mayores a las aceptables según normas; estas flechas cuando el tránsito es intenso, producen efectos de fatiga que van mermando cada vez la resistencia de la estructura.

Por lo anterior es recomendable reforzar estas estructuras para las nuevas cargas y es aconsejable para ello el método de los esfuerzos de trabajo. El reforzamiento se facilita porque pueden soldarse sobre placas a los perfiles existentes, pero se debe tener cuidado en considerar que la sección reforzada toma los efectos de la carga viva, pero que los efectos de la carga muerta son tomados por la sección original, a menos que se apuntale la estructura antes del reforzamiento.

3.4.4 PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO

La superestructura de concreto presforzado se calcula normalmente, para que los esfuerzos en la fibra inferior nunca sean de tensión, sino que toda la sección esté comprimida bajo la acción de la carga rodante; lo anterior se explica por el comportamiento inelástico de la sección de concreto presforzado al aumentar la carga y acercarse a la condición de ruptura. Si se revisan las estructuras típicas por el método de la resistencia última, se encontrará que cumplen con las normas de seguridad aun con las cargas legales actuales.

Hay que hacer notar que el acero de presfuerzo es muy vulnerable a la corrosión porque los altos esfuerzos que en él se aplican son posibles por el reordenamiento de su estructura cristalográfica, pero esta circunstancia favorece la penetración de hidrógeno, situación que facilita su ruptura. Si el acero se expone a un agente agresivo, termina por fallar por el efecto de esta corrosión, pero este tiempo es menor si se incrementa el nivel de esfuerzo, el rango de variación del mismo y el número de ciclos de carga, es decir por efecto de fatiga.

3.5 VERIFICACION EN LA OBRA

La investigación de la capacidad estructural de un puente puede completarse con la realización de pruebas en el sitio; estas son costosas por lo que deben reservarse para los casos en que se tienen dudas sobre la seguridad de la obra, porque la información recabada resulte escasa o poco confiable, o bien porque se tengan evidencias de importantes defectos de ejecución. También son recomendables dichas pruebas en puentes importantes o de estructuración especial sobre los que se tenga poca experiencia constructiva.

Las pruebas de carga son las pruebas de sitio más usuales. Pueden ser locales o globales según se refieran a una parte de la estructura o a todo el conjunto. Para que una prueba de carga sea válida, debe ser instrumentada de tal modo que se pueda medir la magnitud de las cargas que se aplican y el tamaño de las respuestas de la estructura ante las cargas aplicadas. Como dispositivos para aplicar las cargas se recomiendan materiales líquidos o sólidos de cualquier tipo, pero dando preferencia a aquellos de fácil colocación y de peso fácilmente determinable. Sin embargo es preferible recurrir a vehículos pesados, cargados, en los que se haya determinado previamente la descarga por eje (verificar AASHTO).

Para medir las respuestas de la estructura, lo más frecuente es medir las deformaciones que la carga produce en secciones críticas, por ejemplo la flecha en el centro del claro de vigas libremente apoyadas. Esta medición puede hacerse por medio de aparatos topográficos de alta precisión o de micrómetros. La carga que se aplique deberá representar, por lo menos tres cuartas partes de la carga viva total de servicio considerada en el diseño. Se aplicará paulatinamente, tomando lecturas de deformación en cada etapa y revisando toda la estructura inmediatamente después de la aplicación de un escalon de carga, debiendo suspenderse la prueba y darse por no cumplida si en un momento se llegan a detectar daños físicos en la estructura.

Una vez alcanzada la carga total esta deberá actuar durante 24 horas, tomándose lecturas al principio y al

término de ese plazo. Retirada la carga se tomarán lecturas del puente en vacío inmediatamente después del retiro y 24 horas después. Se considerará satisfactoria la prueba si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- Las flechas observadas no son mayores que 1.2 veces las previstas
- Al retiro de la carga la estructura recupera, por lo menos el 75% de la deformación
- 24 horas después de retirada la carga, la recuperación es total
- No aparece ningún daño en la estructura como consecuencia de la prueba.

La prueba puede realizarse en un puente antes y después de efectuar un reforzamiento, con lo que se tendrá una evaluación de la eficacia de las medidas de reparación y reforzamiento adoptadas.

CAPITULO IV

TRABAJOS DE CONSERVACION

Como consecuencia de las recomendaciones habidas al concluir la inspección detallada de una obra, puede surgir la necesidad de realizar trabajos de conservación. Estos trabajos pueden ser de mantenimiento o rehabilitación. Se denominan trabajos de mantenimiento a todos aquellos que tienen que ver con elementos no estructurales o de estructuración secundaria, debidos al desgaste por uso o por el tiempo, entre los cuales están:

- Cambio de carpeta
- Cambio de la junta de calzada
- Cambio de apoyos (cuando llegan al fin de su vida útil)
- Limpieza de los apoyos y juntas
- Limpieza de drenes
- Arreglos de la banquetta o barandal
- Reparaciones locales de la losa
- Trabajos en los terraplenes de acceso como: reconfiguración de taludes, chapeo de los mismos y arreglo de las protecciones y de los lavaderos.

Los trabajos de rehabilitación se dividen a su vez en dos partes, reparación y modernización. La reparación de una obra consiste en la recuperación de la capacidad original. La modernización, consiste en la ejecución de trabajos tendientes en readecuar la estructura para aumentar su capacidad. La rehabilitación, implica intervenir en los elementos estructurales principales como son:

- Nervaduras, diafragmas y vigas
- Reparación generalizada de losas
- Aparatos de apoyo
- Cabezales de pilas
- Cimentaciones.

4.1 TECNICAS EMPLEADAS EN LA REPARACION

Las características de las principales técnicas que se emplean son las siguientes:

4.1.1 Concreto lanzado:

Consiste en la colocación de una capa adicional de concreto, con el fin de alojar y/o proteger un refuerzo adicional o para proteger una estructura. Se puede emplear por ejemplo para agregar un refuerzo por la parte inferior de una losa de un puente. También para proteger una estructura

cuando se detecta que el recubrimiento del refuerzo fue escaso. Evita el uso de formaletas y obras falsas para su colocación. El problema que tiene este sistema es que aumenta el peso y hay que revisar todos los elementos estructurales por este incremento (ANEXO 5).

4.1.2 Placas de acero pegadas:

Consiste en el pegado de placas de acero a estructuras de concreto y/o acero estructural, reforzando localmente las partes que así lo requieren. Hay que destacar que el acero que se agrega es en forma de placas del grado estructural, por lo que su capacidad es limitada; como pegamento se emplea resina epóxica, el manejo de ésta es delicado, y requiere que el espesor sea muy uniforme. El sistema está limitado a la capacidad que tiene el pegamento a transmitir fuerza entre el concreto y la placa, o a la resistencia del concreto, por lo que esto moviliza la capacidad que tiene el concreto para transmitir fuerzas de cizallamiento, algunas veces el concreto es deficiente y su resistencia es de un valor reducido (ANEXO 5).

4.1.3 Inyección de fisuras con resinas epóxicas:

La finalidad de este sistema es la de rellenar una fisura con resina, sin embargo si subsisten las acciones que dieron origen a las fisuras, éstas se volverán a producir ahí mismo o a un lado. Las fisuras se pueden inyectar cuando son mayores de 0.2 y 0.3 mm, por debajo de esta cantidad lo que se hace es pintar la superficie con una pintura epóxica para que no penetre la humedad. Las fisuras que se inyectan se tapan previamente con un sello exterior, dejando una boquilla por la que se envía la resina; de acuerdo al espesor de las grietas se debe especificar la fluidez de la resina (ANEXO 5).

4.1.4 Presfuerzo exterior:

Consiste en la adición de cables exteriores que proporcionan una fuerza que se opone a la carga exterior.

Existen los siguientes tipos de cables:

- cables longitudinales de nervaduras
- cables transversales, de diafragmas
- cables verticales, como estribos adicionales
- barras para reforzamiento local, como es el caso de ménsulas.

Este método tiene la gran ventaja de que prácticamente no se agregan pesos adicionales y por lo tanto no es necesario

reforzar ni la subestructura, ni aumentar las cimentaciones, salvo que tengan algún otro problema (ANEXO 5).

4.2 CAMBIO DE APOYOS

En muchos puentes existentes los apoyos son de modelos antiguos, que no dan el servicio o no tienen el recorrido que se necesita o simplemente, los apoyos existentes están deteriorados. Por lo tanto la necesidad de cambiar apoyos surge frecuentemente.

Esta operación se efectúa tanto como parte de una campaña de mantenimiento (sustitución por interemperización) o como parte de una rehabilitación. En ambos casos es necesario un estudio previo para revisar los puntos que se verán a continuación (ANEXO 5):

- Que se presenten condiciones de inestabilidad al apoyar el tablero sobre los gatos para el levantamiento
- Calcular con la mejor precisión las cargas reales (cargas muertas y cargas vivas con impacto, si el cambio se hace con circulación)
- Revisar cuidadosamente las zonas de apoyo del gato (arriba y abajo). Eventualmente se deben prever adecuaciones y reforzamientos locales
- Revisar la resistencia y la estabilidad de los elementos en los que se apoyan los gatos.

A continuación se verán algunas formas típicas de gatear el tablero de un puente:

- a. Levantamiento por la viga cuando haya espacio para el gato.
- b. Levantamiento por la viga a partir de un bloque o estructura adicional.
- c. Levantamiento por el diafragma, para este caso se debe revisar adicionalmente la capacidad de los diafragmas y la calidad de la conexión viga-diafragma.
- d. Cambio de apoyos en articulaciones intermedias

Con estructura encima
Con estructura por abajo

CAPITULO V

EJEMPLO DE APLICACION

Como ejemplo para ilustrar este trabajo de tesis, se tomó el puente Villa Lobos IV, de la ruta CA - 9 SUR, ya que éste constituye la principal vía de acceso del sur hacia la ciudad capital. Es importante mencionar, que en el último quinquenio, se ha incrementado considerablemente el tránsito en Guatemala y por ende en dicho puente.

El ejemplo consta de tres etapas; la primera consiste en la inspección del puente, para lo cual se utilizaron formatos elaborados específicamente para este efecto, mismos que es necesario efectuar tratando de observar, medir y cuantificar con la mayor precisión posible, a fin de facilitar el trabajo de gabinete; la segunda consiste en la determinación de la capacidad de carga de la estructura existente, aplicando la metodología propuesta en esta investigación y por último, con base a los resultados obtenidos de la inspección y los de la capacidad de carga, se procede a la elaboración de un dictámen sobre la situación del puente, determinando si existe la necesidad de un proceso de rehabilitación.

INSPECCION PRELIMINAR DE PUENTES

IDENTIFICACION

1. Nombre del puente VILLA LOBOS IV
2. Localización
- 2.1 Ruta CA-9 SUR
- 2.2 Kilómetro 12+900
3. Distrito CENTRAL
4. Zona Vial No. 1
5. Departamento GUATEMALA
6. Objtetivo
- Inspección de mantenimiento
- Análisis de datos
- Evaluación
- Estimación de costo de reparación
7. Tipo de superestructura TABLERO DE CONCRETO, VIGAS PRETENSADAS
8. Tipo de subestructura PILOTES
9. Trazo geométrico RECTO CON ESVAJE HORIZONTAL

INFORMACION GENERAL

10. Descripción y estado físico de los elementos:
- 10.1 Juntas de dilatación DETERIORADAS CUBIERTAS CON ASFALTO.
- 10.2 Apoyos NO TIENEN PROTECCIÓN ANTI-CORROSIVA Y ESTAN BLOQUEADAS POR SUCIEDAD.
- 10.3 Barandal EN GENERAL BUEN ESTADO, SOLO 4 MTS. DAÑADOS TOTALMENTE.
- 10.4 Tablero, diafragmas BUEN ESTADO
- 10.5 Tablero, vigas BUEN ESTADO
- 10.6 Tablero, losa LA CAPA ASFÁLTICA PRESENTA UN EVIDENTE DESGASTE
- 10.7 Talbero, flechas ADECUADO
11. Estudio del cauce
- 11.1 Tipo ARENOSO CON BASTANTE SEDIMENTACIÓN
- 11.2 Efectos de la socavación NO HAY VISIBLES
- 11.3 Datos del encausamiento NO HAY
- 11.4 Obstrucciones NO HAY

12. Estado de la subestructura

12.1 Socavación NO HAY
 12.2 Impacto NO
 12.3 Hundimientos NO
 12.4 Desplomes NO
 12.5 Agrietamiento NO

13. Revisión de accesos y conos de derrame EN GENERAL

BUEN ESTADO, NECESITA LIMPIEZA.

14. Drenajes OXIDADOS, LLENOS DE AREAS, LO QUE EVITA EL DRENAJE ADECUADO

15. Señalamientos INEXISTENTES

16. Alumbrado REGULAR

17. Problemas en elementos de concreto

17.1 Zonas con material desprendido EN BARRAS Y EL BARRANDAL

17.2 Fallas de continuidad NO HAY

17.3 Manchas o signos de oxidación del refuerzo NO SE VE

18. Problemas en elementos de acero

18.1 Zonas sin protección adecuada LOS APOYOS

18.2 Grado de corrosión LEVE

18.3 Estado de las conexiones EN GENERAL BUENO PERO LES FALTA MANTENIMIENTO.

19. Problemas en las juntas de calzada

19.1 Obstrucciones ASFALTO Y ARENA

19.2 Presencia en los soportes de Movimiento o desprendimiento NO HAY
 Rotos, incompletos o deformados INCOMPLETOS.
 La parte superior a nivel de la calzada en toda su longitud CAPA DE ASFALTO INCOMPLETA

20. Problemas en los aparatos de apoyo

20.1 Intemperizados SI

20.2 Metálicos, partes rotas NO

20.3 Neoprenos, despegada la vulcanización NO

20.4 Bloqueo en el funcionamiento SI

- 20.5 Deformaciones SI, APLASTAMIENTO
- 20.6 Posición correcta o incorrecta CORRECTA
- 20.7 Fijación BUEA
- 20.8 Superficies de apoyo horizontales REGULARES
- 20.9 Superficies de apoyo sanas SI

21. Problemas en los topes sísmicos

- 21.1 Existen topes sísmicos SI NO
- 21.2 Se ven sanos los topes sísmicos SI NO
- 21.3 Hay holgura necesaria para los movimientos normales de la superestructura SI
- 21.4 Ubicación _____

22. Problemas en la subestructura

- 22.1 Signos de deslave NO HAY
- 22.2 Estado de conservación de los materiales del terraplén BUEA ESTADO
- 22.3 Protección de los materiales del terraplén BUEA
- 22.4 Estado del drenaje o lavaderos BUEA
- 22.5 Hundimiento de los accesos NO HAY
- 22.6 Forma geométrica en los taludes ADECUADA

23. Problemas en el cauce

23.1 Problemas hidráulicos

- Falta de encauzamiento
- Cauces meandrosos
- Socavación bajo cimentaciones
- Deslaves de márgenes
- Existencia de árboles
- Existencia de arbustos
- Material arrastrado
- Bombeo de agua cerca de las cimentaciones
- Drenajes de tuberías
- Préstamos de material del cauce que pueda provocar socavaciones

REPORTE DE LA INSPECCION

El resultado de la inspección realizada a la estructura del puente VILLA LOBOS IV en el proyecto ampliación C.A.- 9 Sur, Guatemala - Villa Nueva, es el siguiente:

DESPERFECTOS OBSERVADOS

- En el tablero

Las juntas de dilatación, tanto en la entrada como en la salida están cubiertas con asfalto, debido a los trabajos de recapeo.

La carpeta asfáltica del tablero, se encuentra deteriorada por abrasión; tiene algunas grietas que son de poca importancia.

De los elemento de acero, los apoyos se encuentran oxidados debido a falta de protección anti-corrosiva.

- En los tubos de drenaje

Hay pequeñas filtraciones debido a pequeñas grietas cerca de los tubos de drenaje.

Todos los tubos de drenaje están oxidados y tapados por la acumulación de tierra y basura;

- En las aceras

Las aceras tienen material desprendido y fisuras de poca importancia.

El barandal izquierdo tiene dañados 4 metros debido a alguna colisión.

- En el cauce

Existen préstamos de material del cauce, lo que puede causar socavaciones, además el cauce es meandroso.

- Hace falta limpieza y pintura general de toda la estructura.

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA
DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE**

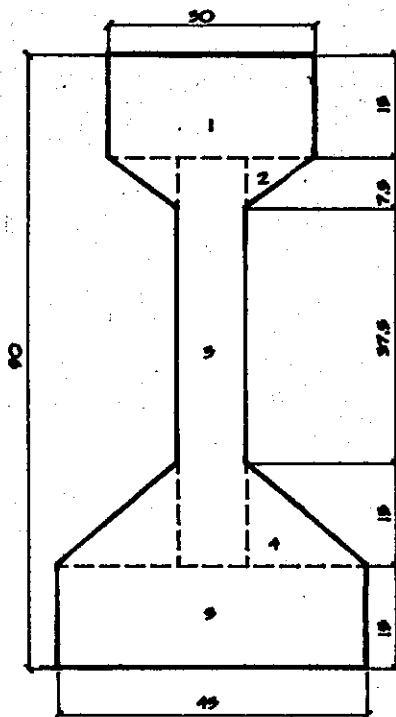
De acuerdo a la información obtenida en la Dirección General de Caminos, las especificaciones de diseño son las siguientes:

1. DISEÑO:
Standard Specification for Highway Bridges of American Association of State Highway Officials (AASHO) 10a edición, 1969.
2. CONSTRUCCION:
Especificaciones para construcción de puentes y carreteras de la DGC, Edición preliminar, 1956.
3. CARGA VIVA:
HS-15-44 (AASHO).
4. PROYECTO:
Ampliación CA - 9 Sur
Guatemala Villa Nueva, 1973.

Al llevar a cabo la inspección preliminar del puente, se pudo determinar que en el diseño original las vigas eran rectangulares (reforzadas), sin embargo, estas fueron modificadas por la constructora encargada de la ejecución de dicho proyecto, por vigas presforzadas tipo I (Tipo 2 de AASHTO). Para la evaluación de carga de la estructura se obtuvo en COPRECA, el plano original de ese tipo de viga.

ANALISIS DE LA VIGA

SECCION SIMPLE

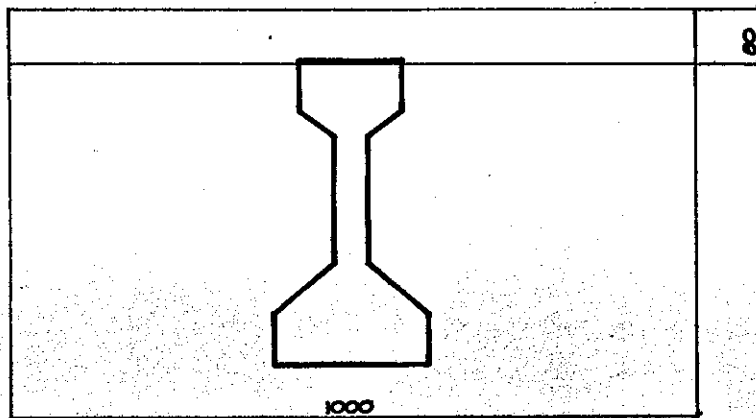


ESQUEMA No. 1

SECCION COMPLETA

$f_c = 34 \text{ kg/cm}^2$

$f_s = 5 \text{ kg/cm}^2$



ESQUEMA No. 2

NOTA:
MEDIDAS EN CENTIMETROS.

Obtención de las propiedades geométricas de la sección simple (el centroide y la inercia)

	a x b cm	Area cm ²	Brazo cm	Momento
1	30 x 15	450.00	82.50	37,125.00
2	7.5 ²	56.30	72.50	4,081.75
3	60 x 15	900.00	45.00	40,500.00
4	15 ²	225.00	20.00	4,500.00
5	45 x 15	675.00	7.50	5,062.50
		2,306.30		91,269.25

Tabla No. 3

CENTROIDE

$$Y_b = \frac{\text{Momentos}}{\text{Area}} = \frac{91,269.25}{2,306.30}$$

$$Y_b = 39.57 \text{ cm}$$

$$Y_t = H_t - Y_b$$

$$Y_t = 90 - 39.57 = 50.43 \text{ cm}$$

MOMENTO DE INERCIA

$$I = I_o + Axd^2$$

$$1. \quad I = \frac{30 \times 15^3}{12} + 450(82.5 - 39.57)^2 = 837,781 \text{ cm}^4$$

$$2. \quad I = \frac{15 \times 7.5^3}{36} + 56.30(72.5 - 39.57)^2 = 61,227 \text{ cm}^4$$

$$3. \quad I = \frac{15 \times 60^3}{12} + 900(45 - 39.57)^2 = 296,536 \text{ cm}^4$$

$$4. \quad I = \frac{30 \times 15^3}{36} + 225(39.57 - 20)^2 = 88,984 \text{ cm}^4$$

$$5. \quad I = \frac{45 \times 15^3}{12} + 675(39.57 - 7.50)^2 = 706,884 \text{ cm}^4$$

$$I_t = I_i = 1,991,412 \text{ cm}^4$$

$$Z = \frac{I}{Y}$$

$$Z_b = \frac{1,991,412}{39.57} = 50,326 \text{ cm}^3$$

$$Z_t = \frac{1,991,412}{50.43} = 39,489 \text{ cm}^3$$

Propiedades de Sección Compuesta

Losa espesor = 18 cm

c.a.c. vigas = 3.25 mt

Luz = 10.00 mt

$$n = \sqrt{3} / \sqrt{5}$$

b = 3.25 mt

b' = L / 4 = 2.50 mt

$$\text{Area} = 2,306 \text{ cm}^2 + (1.94 \times 0.18) = 5,798 \text{ cm}^2$$

$$Y_b = \frac{[(2,306 \times 39.57) + (3,492 \times 99)]}{5,798}$$

$$Y_t = 108 - 75.36 = 32.64 \text{ cm}$$

$$I = 1,991,412 + (2306 \times (75.36 - 39.57)^2) =$$

$$I = \frac{1.94 \times 18^3}{12} + [3492 \times (99 - 75.36)^2] =$$

$$I_t = 6,991,010 \text{ cm}^4$$

$$Z_b = \frac{6,991,010}{75.36} = 92,768 \text{ cm}^3$$

$$Z_t = \frac{6,991,010}{32.64} = 214,185 \text{ cm}^3$$

CARGAS ESTIMADAS

Sección Simple

$$P_p \text{ de viga} = \frac{0.2306 \text{ mt}^3}{10.00 \text{ mt}} = 2.30 \times 2,400 \text{ Kg/mt}^3 =$$

$$P_p \text{ de viga} = 5,520 \text{ Kg} = 552 \text{ Kg/mt}$$

$$P_p \text{ de losa} = 0.18 \times 3.25 \times 2,400 = 1,404 \text{ Kg/mt}$$

$$P_p \text{ de diafragma} = 0.50 \times 0.30 \times 3 \times 2,400 = 1,080 \text{ Kg/mt}$$

Sección Compuesta

$$\text{banqueta} = 0.142 \text{ mt}^2/\text{mt}$$

$$\text{pasamanos} = 0.045 \text{ mt}^2/\text{mt}$$

$$\text{poste} = 0.0221 \text{ mt}^3$$

$$P_p \text{ banqueta} + \text{barandal} = 320 \text{ Kg/mt}$$

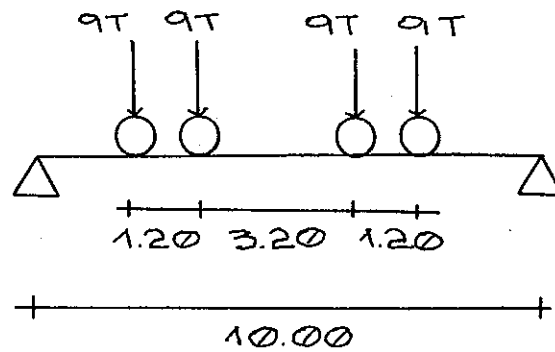
$$\text{Carpeta Asfáltica espesor} = 2"$$

$$P_p \text{ carpeta asfáltica} = 234 \text{ Kg/mt} \quad (9 \text{ lb/p}^2/\text{pulg})$$

CARGA VIVA TIPO T3 - S2 - R4

De tablas, para $L = 10.00$ mt

Rpor eje = 72 Ton, para una pista 36 Ton



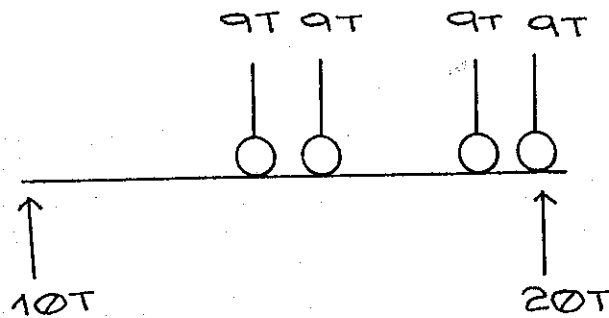
Esquema No. 3

Momento Máximo

$$M_{\max} = 18T \times 5.00 - (9 \times 2.80) - (9 \times 1.6) =$$

$$M_{\max} = 50.40 \text{ Ton} \cdot \text{mt}$$

Fuerza Cortante Máxima



Esquema No. 4

Factorización de Carga Viva

Factor de Impacto

$$FI = \frac{50}{(L + 125)}$$

$$FI = \frac{50}{(32.8' + 125)} = 1.30$$

Factor de Distribución Transversal

$$Fdt = \frac{b}{5.50}$$

$$Fdt = \frac{3.25 \times 3.28}{5.50} = 1.94$$

Momento por Carga Viva + Impacto

$$M_{cv + i} = 50.40 \times 1.30 \times 1.94 = 127 \text{ Ton} - \text{mt}$$

Cortante por Carga Viva + Impacto

$$V_{cv + i} = 26 \times 1.30 \times 1.94 = 65.60 \text{ Ton}$$

PRESFUERZO APLICADO

8 torones 1/2" Grado 270 Ksi

$$\text{Area c/torón} = 94 \text{ mm}^2$$

$$f_{ps} = 270 \text{ Ksi} = 190 \text{ Kg/mm}^2$$

$$f_{pu} = 0.70 f_{ps} = 0.70 \times 190 = 133 \text{ Kg/mm}^2$$

$$f_{perd} = 25 \text{ Kg/mm}^2$$

$$f_p \text{ neta} = 133 - 25 = 108 \text{ Kg/mm}^2$$

$$Y_b = \frac{(6 \times 5) + (2 \times 6)}{8} = 5.25 \text{ cm}$$

$$Y_t = 39.57 - 5.25 = 34.32 \text{ cm}$$

$$F_p = 8 \times 94 \text{ mm}^2 \times 108 \text{ Kg/mm}^2 =$$

$$F_p = 81,216 \text{ Kg}$$

$$M = F_p \times Y_t$$

$$M = 81,216 \times 0.343 = 27,86 \text{ Kg} \cdot \text{mt}$$

ESFUERZOS DE TRABAJO

Para los esfuerzos del preesfuerzo la fórmula es:

$$f = \frac{P}{A} + \frac{Pec}{I}$$

De los esfuerzos producidos por flexión

$$f = \frac{Mc}{I}$$

$$M = Pe$$

$$f = \frac{M}{Z}$$

Esfuerzos en la fibra superior e inferior

Carga	Momento Kg - mt	fb	ft
Peso Propio	$\frac{552 \times 10^2}{8} = 6,900$	-13.70	14.47
Presfuerzo	F = 81,216	90.60	-35.36
Pp Losa	$\frac{1404 \times 10^2}{8} = 17,550$	-34.87	44.44
Pp Diaf	$\frac{1080 \times 10}{4} = 2,700$	- 5.36	6.84
Pp Banq+Bar	$\frac{320 \times 10^2}{8} = 4,000$	- 4.31	1.87
Pp carpeta	$\frac{234 \times 10^2}{8} = 2,925$	- 3.15	1.36
Residual de compresion previo CV		29.21	3.23

Tabla No. 4

Con Carga Viva + Impacto para HS-15-44

De tablas

$$M = 235 \text{ Kip} - \text{pie por pista}$$

$$M = \frac{32,507 \text{ Kg} - \text{mt}}{2} = 16,253 \text{ Kg} - \text{mt}$$

$$M_{cv} + i = 16,253 \times 1.30 \times 1.94 = 40,990 \text{ Kg} - \text{mt}$$

Esfuerzos

$$f_b = 44.18 \text{ Kg/cm}^2 \quad f_t = 19.14 \text{ Kg/cm}^2$$

Al combinar con CM

$$\begin{aligned} f_b &= -14.97 < 15 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_t &= 22.37 < 157 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Carga Viva para HS-20-44

De tablas

$$M = 315 \text{ Kip} \cdot \text{pie por pista}$$

$$M = \frac{43,575}{2} = 21,786 \text{ Kg} \cdot \text{mt}$$

$$M_{cv} + i = 21,786 \times 1.30 \times 1.94 = 54,945 \text{ Kg} \cdot \text{mt}$$

$$f_b = 59.22 \text{ Kg/cm}^2 \quad f_t = 25.65 \text{ Kg/cm}^2$$

Al combinar con CM

$$\begin{aligned} f_b &= -30.01 \text{ Kg/cm}^2 = 1.6 \sqrt{f'_c} \text{ Limite} \\ f_t &= 28.88 \text{ Kg/cm}^2 < 0.45 f'_c \text{ (Limite para} \end{aligned}$$

Para T3-S2-R4

$$\begin{aligned} f_b &= -107.70 \text{ Kg/cm}^2 > 30 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_t &= 62.52 \text{ Kg/cm}^2 < 157 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

RESISTENCIA A RUPTURA

$$e_p = \frac{A_{fp}}{B \times d_p}$$

$$e_p = \frac{7.52}{30 \times (90 - 5.25)} = 0.00296$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p e_p f_{pu}}{f'_c} \right)$$

$$f_p = 190 \left(1 - \frac{0.40 \times 0.00296 \times 190}{0.85 \times 350} \right) = 189.85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$a = \frac{A_{fp} \times f_p}{0.85 f'_c \times B} = \frac{7.52 \times 18,985}{0.85 \times 350 \times 30} = 15.99 \text{ cm}$$

$a < h$ Viga rectangular

16 < 18 Viga rectangular

Momento Ultimo

$$M_u = \rho_f f_p \times b \times d^2 \left(1 - \frac{0.59 \times \rho_f f_p}{f'_c} \right)$$

$$M_u = 0.00296 \times 18,985 \times 30 \times 102.75^2 \left(1 - \frac{0.59 \times 0.00296 \times 18,985}{350} \right)$$

$$M_u = 161,125 \text{ Kg} \cdot \text{mt}$$

$$M_u = 1.3CV + 1.7MV$$

de donde

$$MV = \frac{M_u - 1.3CV}{1.70}$$

$$MV = \frac{161,125 - 1.3 \times 34075}{1.70} =$$

$$M_{cv} + i = 68,722 \text{ Kg} \cdot \text{mt} \quad \rangle \quad M_{cv} + i \text{ HS-20-44} = 54,945 \text{ Kg} \cdot \text{mt}$$

$$M_{cv} + i = 68,722 \text{ Kg} \cdot \text{mt} \quad \rangle \quad M_{cv} + i \text{ HS-15-44} = 40,990 \text{ Kg} \cdot \text{mt}$$

Para la sobrecarga T3-S2-R4

$$M_{cv} + i = 127,000 \text{ Kg} \cdot \text{mt}^2 \quad \rangle \quad 68,722 \text{ Kg} \cdot \text{mt}^2$$

ANALISIS SOBRE LA SITUACION ACTUAL Y ESPECTATIVAS FUTURAS DEL PUENTE

En términos generales el estado del puente, objeto de estudio, es bueno; no obstante la falta de mantenimiento se observa principalmente en el desgaste de la capa de rodadura, lo que indica un alto grado de tráfico; las juntas de dilatación se encuentran obstruidas de tierra y asfalto; los apoyos se encuentran bloqueados por suciedad y no tienen protección anticorrosiva y el barandal izquierdo está dañado debio a alguna colisión. Además le hace falta limpieza y pintura general a toda la estructura.

Al analizar la estructura del puente se aprecia que para la carga con la que fue diseñado que es la HS-15-44, si tiene una capacidad de carga dentro de las especificaciones establecidas por la AASHTO. Asimismo para una carga HS-20-44 que es la usada actualmente para el diseño de puentes en Guatemala, tambien resiste dentro de los límites. Sin embargo al aplicarle una carga mayor T3-S2-R4, que es la propuesta en este trabajo, no tiene la capacidad de carga necesaria; por lo que es conveniente que se lleve a cabo un proceso de renovación (mantenimiento, reparación y refuerzo) de dicha estructura.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES DEL EJEMPLO

- El puente objeto de estudio, presenta un estado general bueno; no obstante la falta de mantenimiento puede observarse que los apoyos se encuentran bloqueados por suciedad y no tienen protección anticorrosiva, igual situación se aprecia en los drenajes del mismo.
- El desgaste de la capa de rodadura, indica un alto tráfico, así como posibles deficiencias en el proceso constructivo original.
- La constante extracción de arena del cauce puede provocar socavación en los pilotes hasta los cimientos de los mismos, lo que puede constituir en un futuro una causa de falla del puente.
- Otro aspecto importante que merece indicarse, es la falta de señalización del mismo, la cual es necesaria para efectos de seguridad del usuario.
- El estado actual de las juntas de dilatación, tanto de entrada como de salida, no les permite realizar la función para las cuales fueron diseñadas, debido a los recapeos efectuados en el puente, éstas se han obstruido de asfalto y tierra.

CONCLUSIONES GENERALES

- El principal factor por el cual muchos de los puentes de la red vial nacional se encuentran en condiciones desfavorables de seguridad es la falta de mantenimiento.
- La evaluación de la capacidad de carga de la estructura existente, es de vital importancia incluirla, dentro de los procesos de mantenimiento de puente, para poder definir los trabajos necesarios de conservación.
- La renovación de las estructuras de la red vial nacional es mucho más económica que la demolición y posterior construcción, siendo el mantenimiento el mejor método y a la vez el más económico para lograr este propósito.
- Con un programa de renovación adecuado y oportuno, se puede evitar el colapso de algunas de las estructuras de la red vial nacional.
- En Guatemala actualmente el tránsito ha aumentado considerablemente, razón por la cual las estructuras de la red vial nacional están sometidas a un exceso de carga.

RECOMENDACIONES

- La inspección realizada al puente Villa Lobos IV refleja que es recomendable la limpieza y pintura general del mismo, así como la renovación de la capa asfáltica o cualquier otro recubrimiento superficial para evitar la disgregación total y pérdida del recubrimiento del refuerzo; así como también la reparación del barandal izquierdo y las banquetas de ambos lados del puente.

- Tomando en cuenta el buen estado del puente objeto de análisis, así como la importancia que éste representa, al constituir una de las principales vías de acceso del Sur a la ciudad capital, es recomendable, desde todo punto de vista, que éste sea sujeto de un proceso de renovación; a fin de prolongar la vida útil del mismo y así evitar el deterioro total de la estructura, lo cual significaría la construcción de una nueva obra.

- Es importante que las instituciones responsables de velar por el buen estado de la red vial nacional complementen un programa de inspección, evaluación y reparación, con otro que evalúe la capacidad de carga real de las estructuras y trate de acondicionarlas a las crecientes exigencias del progreso.

- El incremento del tránsito, exige que los futuros diseños de puentes se realicen con base a cargas mayores a las usadas en la actualidad.

- Debido al incremento del tránsito, para futuros diseños de puentes es necesario sustituir las cargas HS-20-44 por la carga propuesta en éste trabajo T3-S2-R4.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS**BIBLIOGRAFIA**

Dirección General de Caminos. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES. Guatemala, 1975.

Dirección General de Caminos. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CAMINOS. Guatemala, 1957.

SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana). MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, ALCANTARILLAS Y PUENTES. Guatemala, 1974.

STANDAR SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, 14 Th Edition 1989, Adopted by THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS INC. (AASHTO 1989)

T.Y. LIN. EL CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREESFORZADO. Traducción al Español de Rafael Portugal Ehelers, Compañía Editorial Continental, S.A., México D.F., 1962

Singer, Ferdinand L./Pytel, Andrew. RESISTENCIA DE MATERIALES. Traducción al Español del Ing. Raimundo Gaspar Torrent/Dr. Ing. Angel Gutierrez Vásquez, Editorial Harla, México D.F., 1982

FREYSSINET INTERNACIONAL. GUIA DE LOS PROCEDIMIENTOS DEL HORMIGON PRETENSADO, Editorial Uriguen Duchao, S.A. Espartero, Bilbao España, 1989.

REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO Y COMENTARIOS (ACI 318-89)

Aguilar Girón, José Leonel. ANALISIS DE CARGAS MAXIMAS PERMISIBLES EN PUENTES. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1969.

Cuellar Martínez, Diógenes Estuardo. MANTENIMIENTO DE PUENTES DE CONCRETO Y DE METAL. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1987.

Martínez Morales, Mario Carlos Humberto. MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLADO Y PUENTES. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1979.

Leiva Prera, José Rafael. MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO EN CARRETERAS. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1965.

Aguirre Duarte, Marco Tulio. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS. Tesis de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1989.

Ordóñez Castro, Sherry Lucrecia. ANALISIS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO VIAL. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1987.

Hernández Antillón, Oscar René. TRABAJOS DE SUPERVISION DE PUENTES. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1959.

REFERENCIAS

REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO Y COMENTARIOS (ACI 318-89)

STANDAR SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDES, 14TH. Edition 1989, Adopted by THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, INC. (AASHTO-89)

ANEXOS

- ANEXO 1 Tipos de carga
- ANEXO 2 Acuerdo Centroamericano Sobre Circulación por Carreteras
- ANEXO 3 Camiones tipo SCT
- ANEXO 4 Dispositivos para la Inspección Detallada de Puentes
- ANEXO 5 Técnicas empleadas en la reparación de Puentes
- ANEXO 6 Fotografías del Puente Villa Lobos IV
- ANEXO 7 Viga Tipo I (Tipo 2 AASHTO)
- ANEXO 8 Planos del Puente Villa Lobos IV

LISTADO DE FIGURAS

- Figura No.1 Carga H, peso total del camión
- Figura No.2 Carga HS, peso total del camión
- Figura No.3 Camiones tipo SCT
- Figura No.4 Esquema de pasarela utilizada en la rehabilitación del puente El Incienso
- Figura No.5 Dispositivos utilizados para la inspección detallada de puentes
- Figura No.6 Plataformas utilizadas para el mantenimiento de puentes
- Figura No.7 Preesfuerzo longitudinal
- Figura No.8 Preesfuerzo en diafragmas
- Figura No.9 Formas de gatear un puente, levantamiento de la viga con espacio para el gato
- Figura No.10 Levantamiento por la viga a partir de un bloque o espacio adicional
- Figura No.11 Sintomas de problemas en los puentes, falta de capacidad en vigas por flexión.
- Figura No.12 Falta de capacidad en vigas por cortante
- Figura No.13 Falta de capacidad en vigas por flexión y cortante
- Figura No.14 Falta de capacidad en vigas por retracción
- Figura No.15 Falta de capacidad por torsión
- Figura No.16 Falta de capacidad por desprendimiento de diafragmas
- Figura No.17 Falta de capacidad por desprendimiento de sellos del preesfuerzo
- Figura No.18 Falta de capacidad por deslizamiento de cuñas del preesfuerzo
- Figura No.19 Vigas tipo I (tipo 2 AASHTO)

A N E X O 1

TIPOS DE CARGAS

C A R G A S II

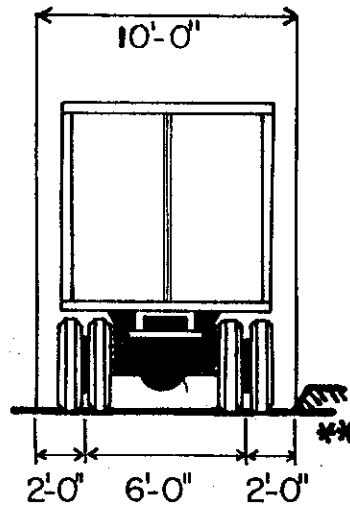
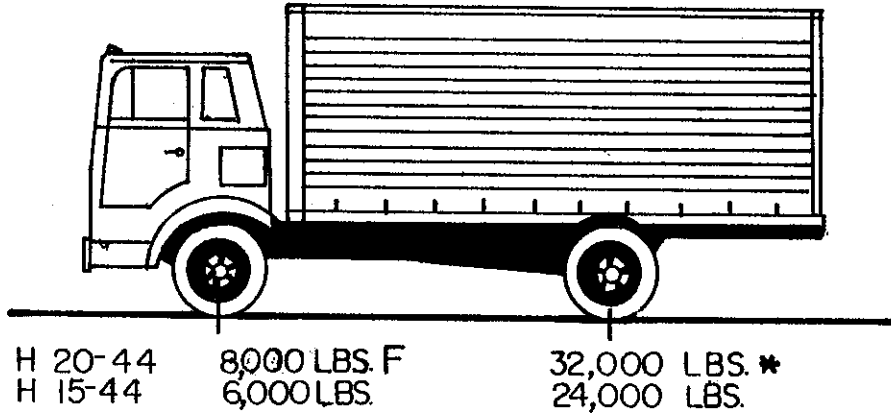
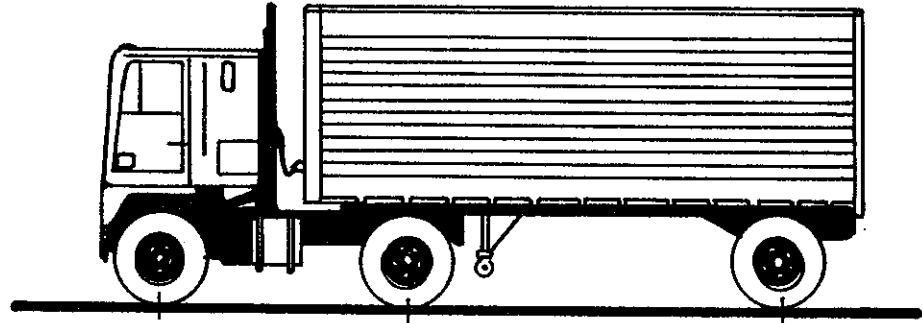


Figura No.1 Peso total del camión y su carga

C A R G A S H S



HS 20-44	8,000 LBS.	32,000 LBS *	32,000 LBS.*
HS 15-44	6,000 LBS.	24,000 LBS.	24,000 LBS.

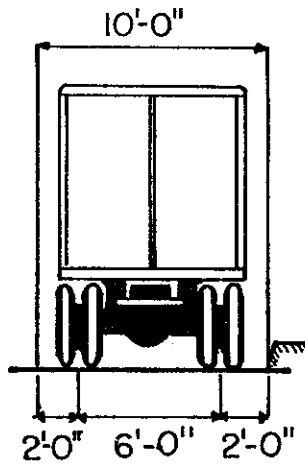


Figura No.2 Peso total del camión y su carga

A N E X O 2

PESOS MAXIMOS AUTORIZADOS POR
EL ACUERDO CENTRO AMERICANO SOBRE
CIRCULACION POR CARRETERAS

Sobre el eje mayor de carga	8,000 Kgs.	17,000 lbs.
Sobre el doble eje de mayor carga	14,500 Kgs.	32,000 lbs.
Vehículos de dos ejes	12,000 Kgs.	26,400 lbs.
Vehículos de tres ejes	20,000 Kgs.	44,100 lbs.
Vehículos articulados o con un remolque	25,000 Kgs.	55,100 lbs.

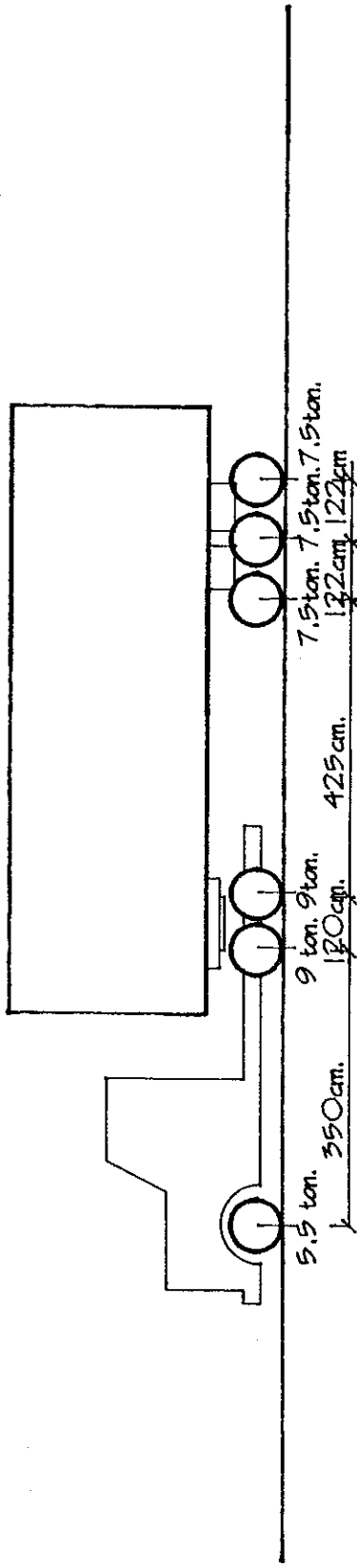
DIMENSIONES LIMITE ESTABLECIDAS POR EL
ACUERDO CENTRO AMERICANO

Ancho total máximo	2.50 metros	8.2 pies
Altura total máxima	3.80 metros	12.5 pies

Longitudes totales máximas

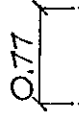
Camiones de dos ejes	10.00 metros	33.0 pies
Vehículos de pasajeros de dos ejes	11.00 metros	36.0 pies
Vehículos articulados	14.00 metros	46.0 pies
Otras combinaciones	18.30 metros	60.0 pies

CAMIONES TIPO SCT



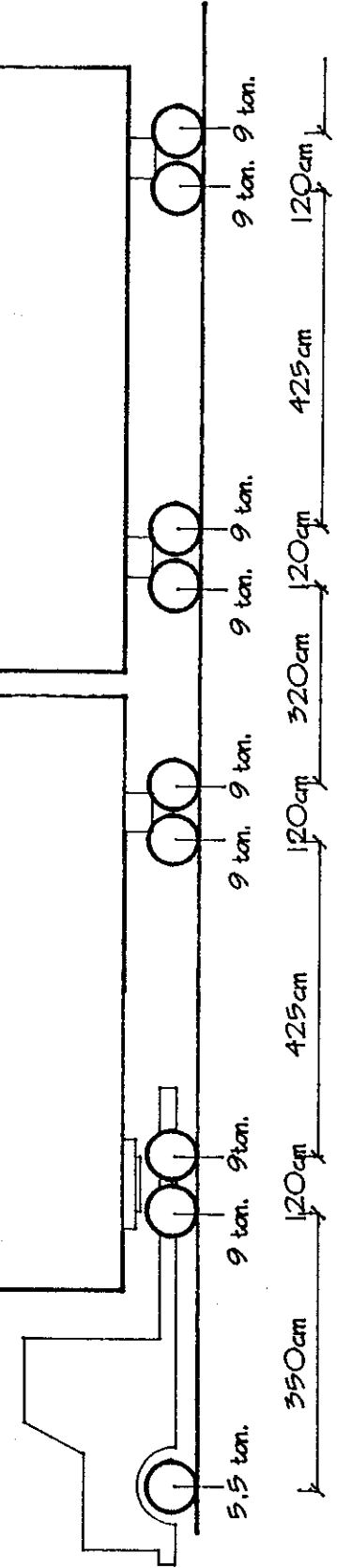
T3-53 PESO TOTAL 46 TON.

R=77.5 TON.



8.25max.

8.25max.



T3-52-R4 PESO TOTAL 77.5 TON.

FIGURA # 3

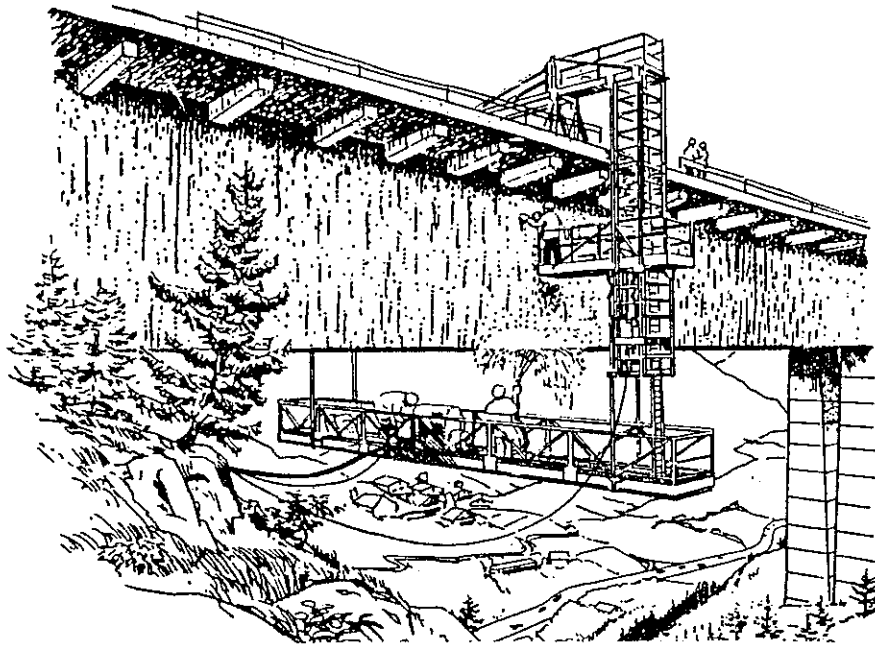
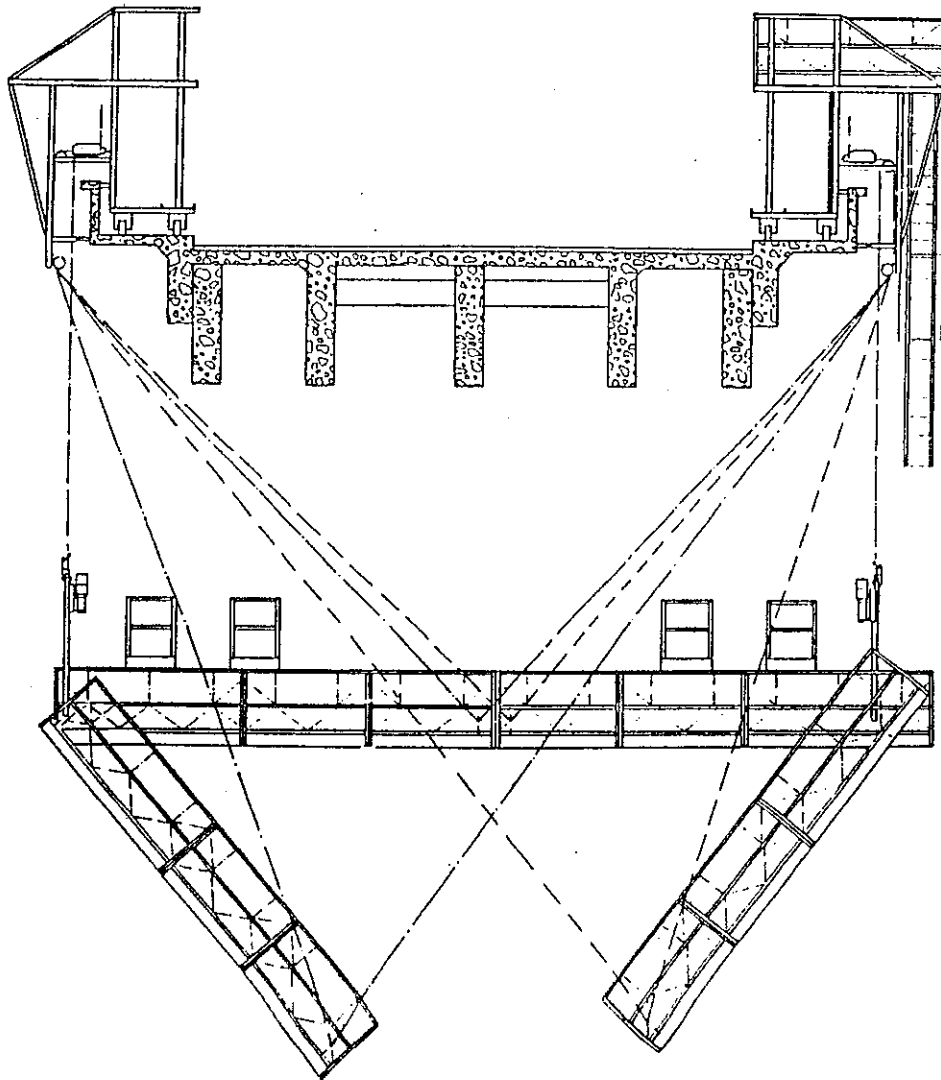


Figura No.4 Esquema de pasarela utilizada en la rehabilitación del puente El Incienso



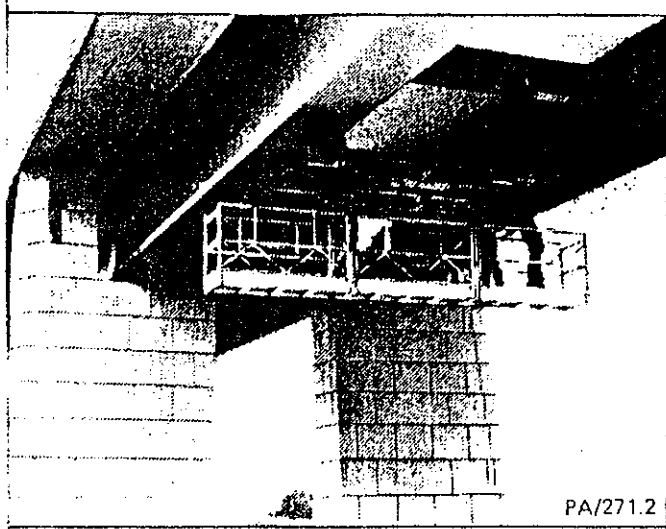
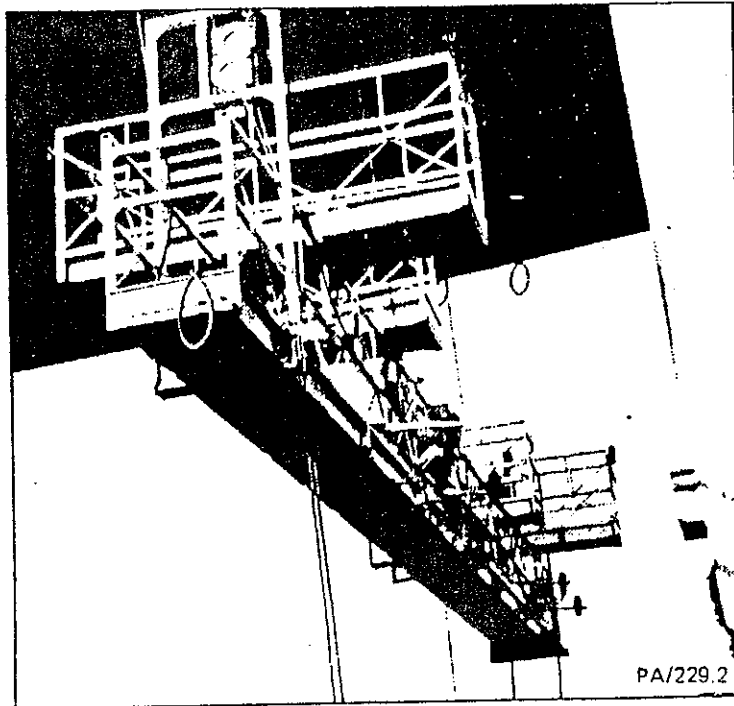
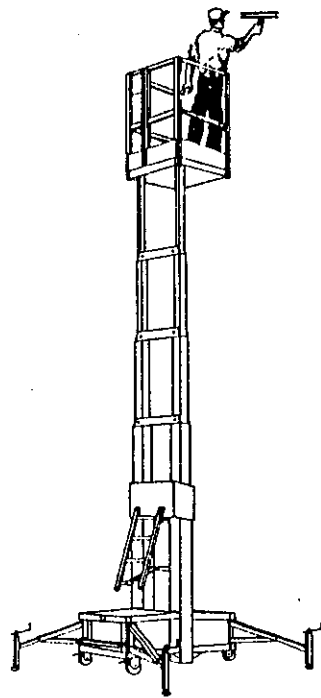


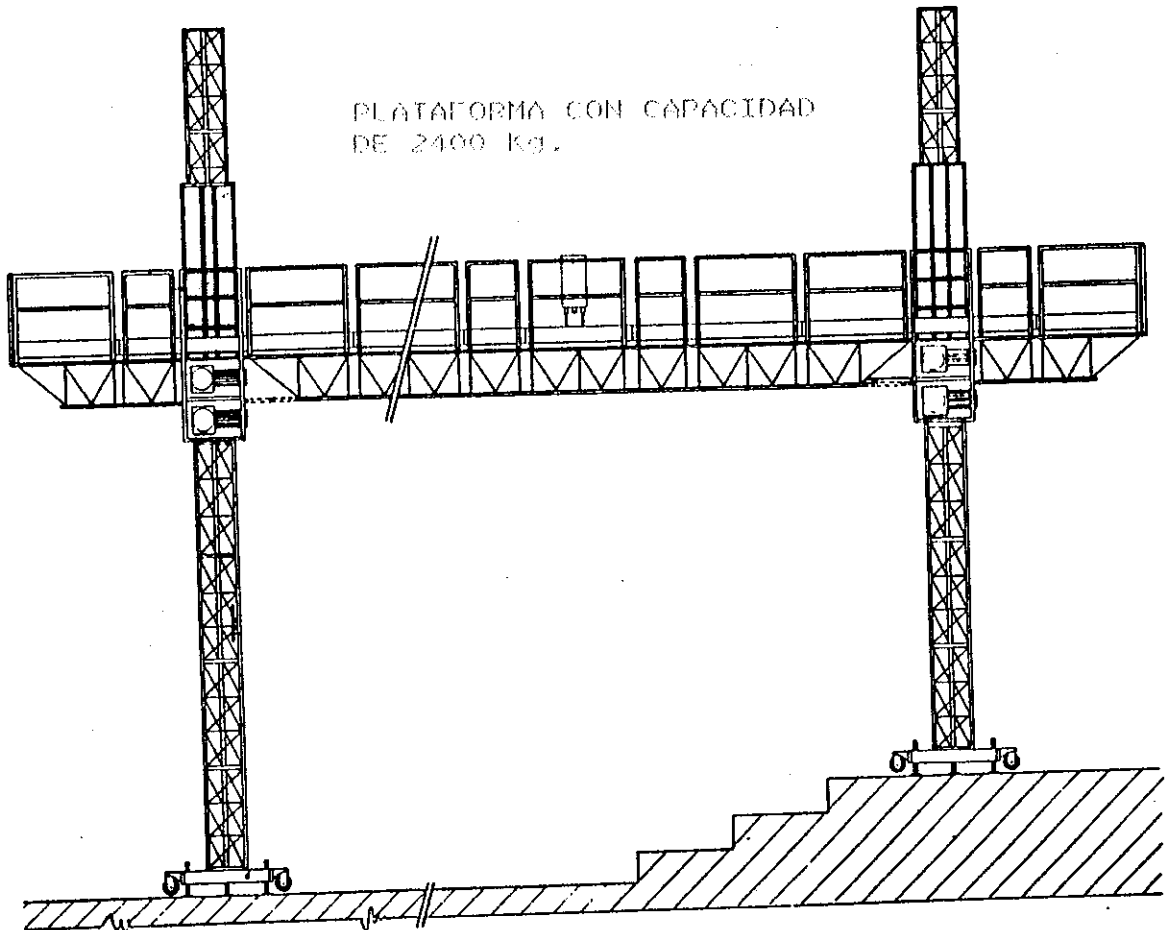
Figura No.5 DISPOSITIVOS PARA LA INSPECCION
DETALLADA DE PUENTES





PLATAFORMA CON CAPACIDAD
DE 200 Kg.

Figura No.6 Plataformas utilizadas para el mantenimiento de puentes



PLATAFORMA CON CAPACIDAD
DE 2400 Kg.

PRESFUERZO EXTERIOR

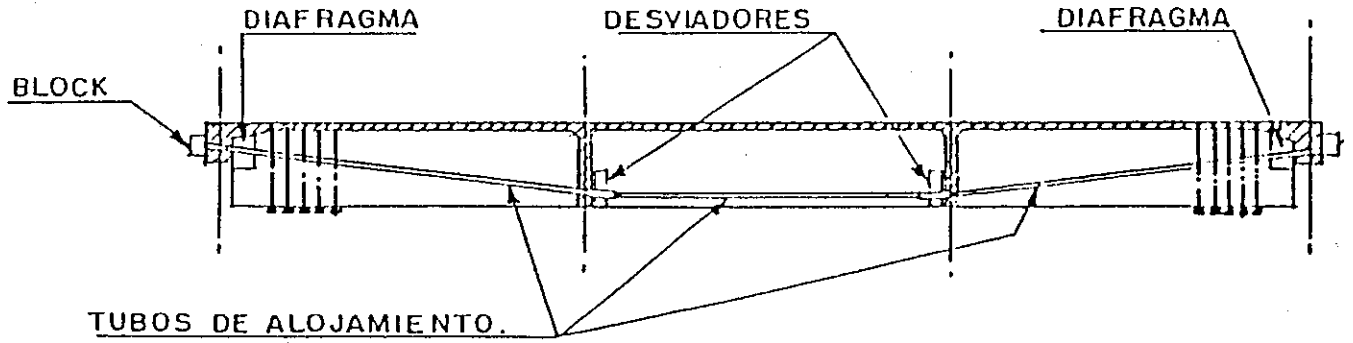


Figura No.7 PRESFUERZO LONGITUDINAL

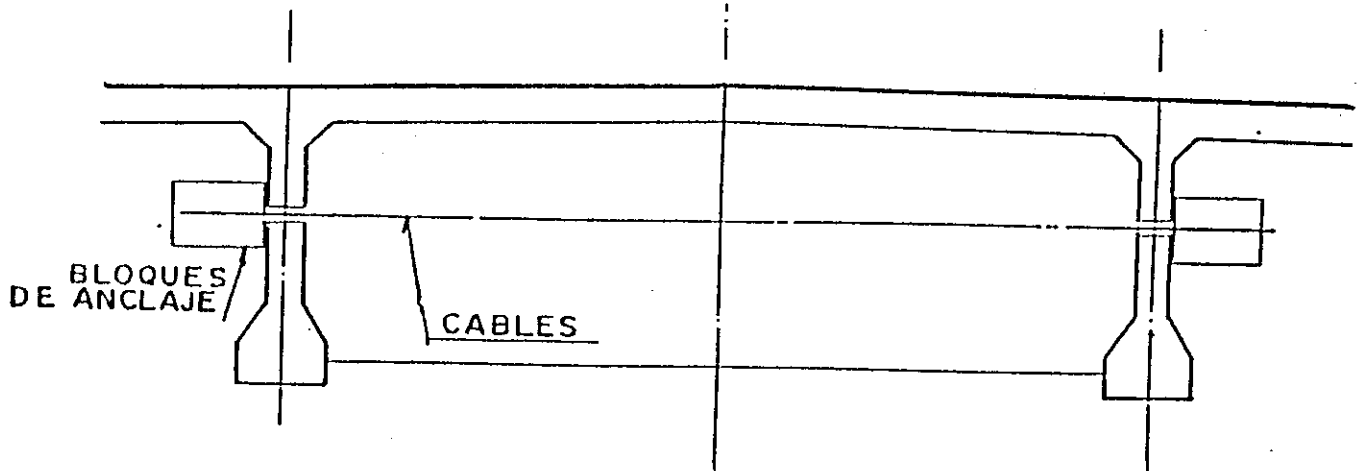


Figura No.8 PRESFUERZO EN DIAFRAGMAS

ALGUNAS FORMAS TÍPICAS DE GATEAR EL TABLERO DE UN PUENTE

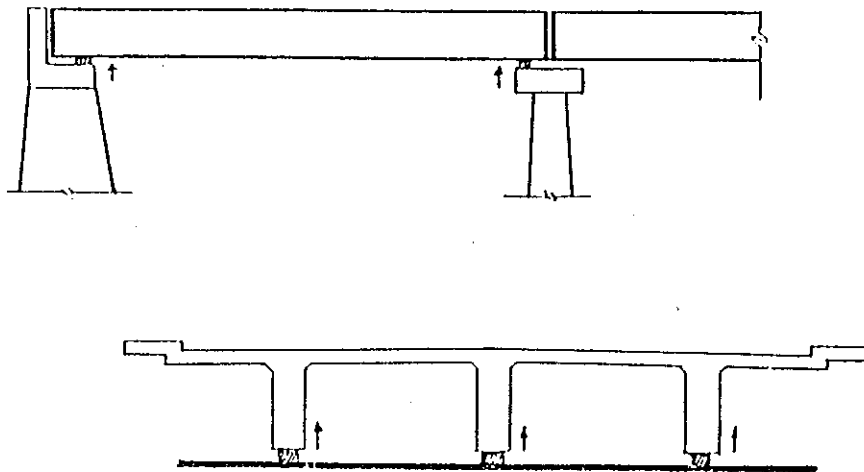


Figura No.9 Levantamiento de la viga con espacio para el gato

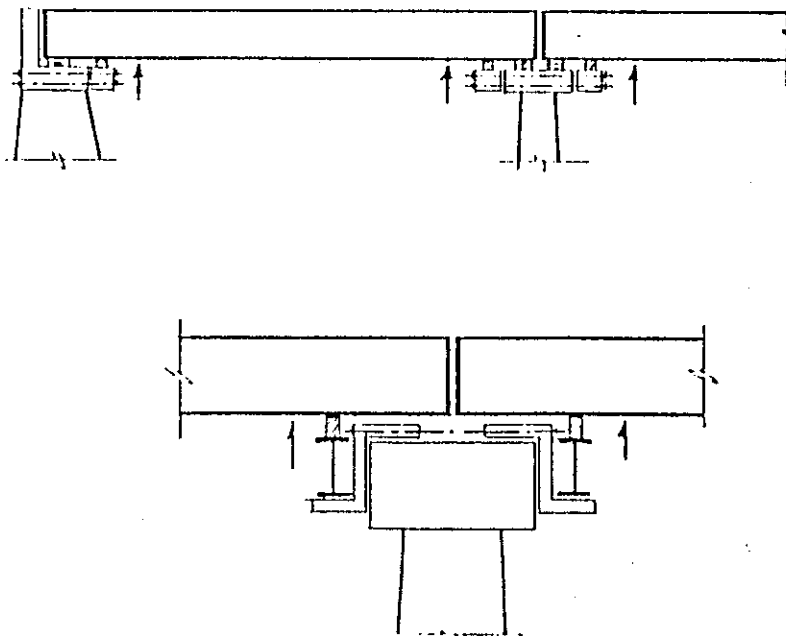


Figura No.10 Levantamiento por la viga a partir de una bloque o espacio adicional

SINTOMAS

A continuación se presenta un pequeño panorama de cómo se ven en la práctica los diferentes problemas.

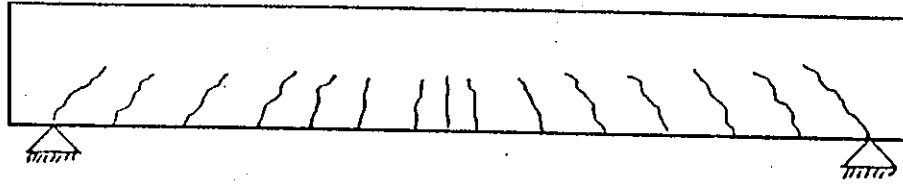


Figura No.11 Falta de capacidad en vigas por flexión.



Figura No.12 Por cortante

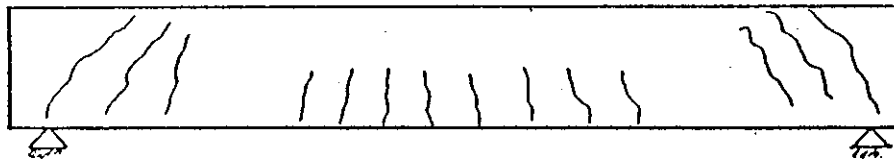


Figura No.13 Por flexión y cortante

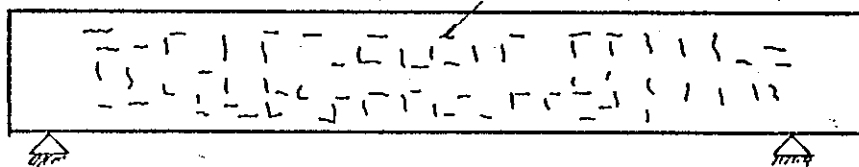


Figura No.14 Por retracción

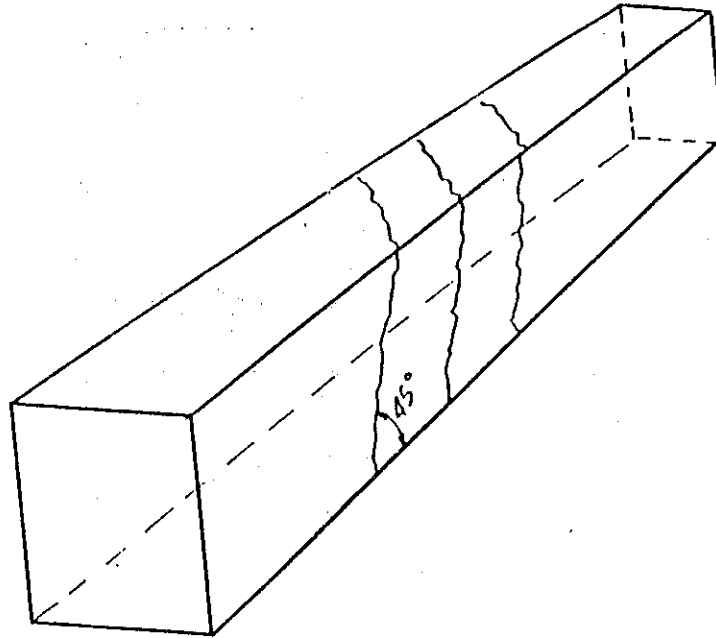


Figura No.15 Por torsión

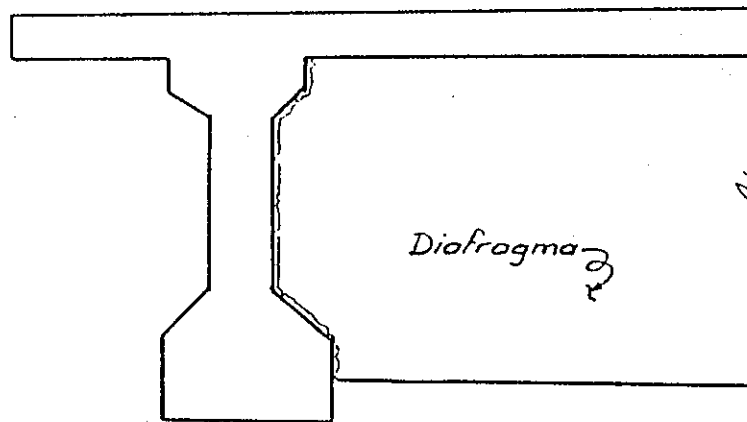


Figura No.16 Por desprendimiento de diafragmas

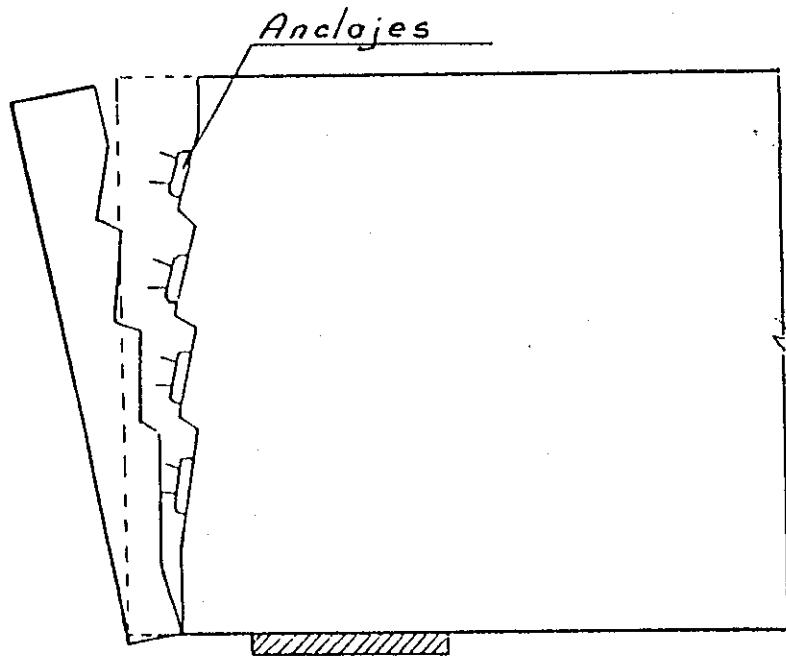


Figura No.17 Por desprendimiento de sellos del preesfuerzo

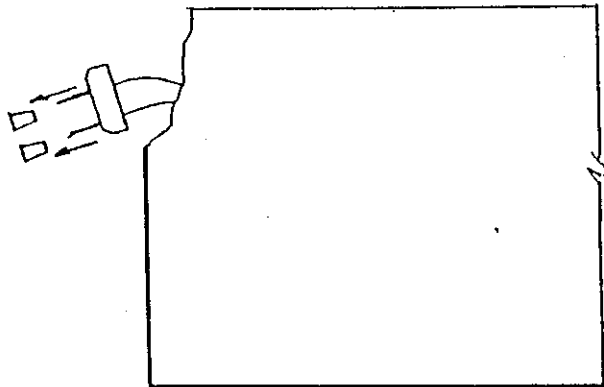
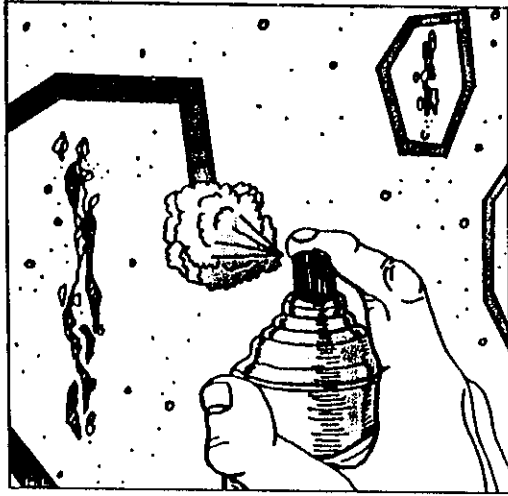
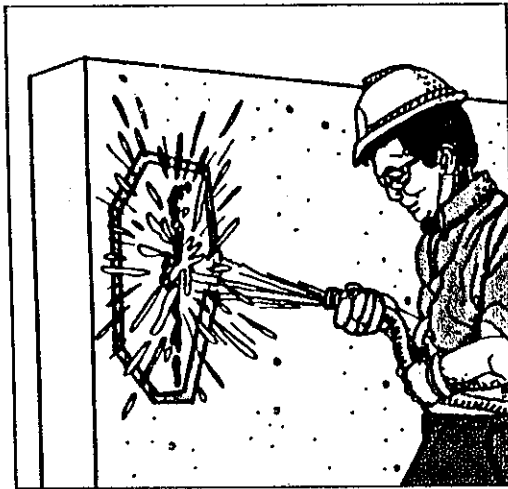


Figura No.18 Por deslizamiento de cuñas del preesfuerzo

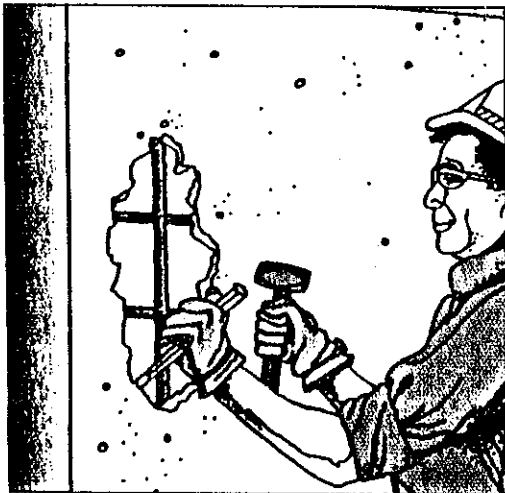
GUIA PARA LA REPARACION
Y PROTECCION EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO



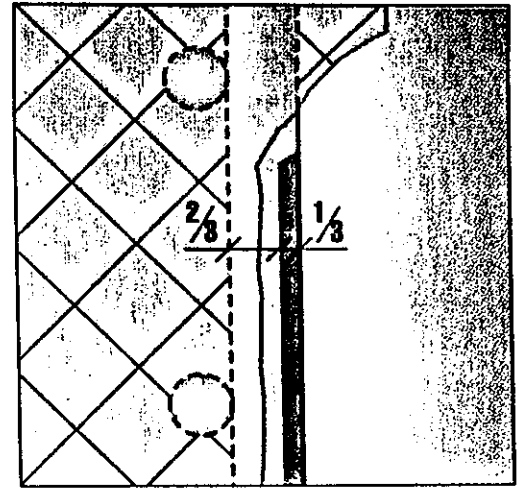
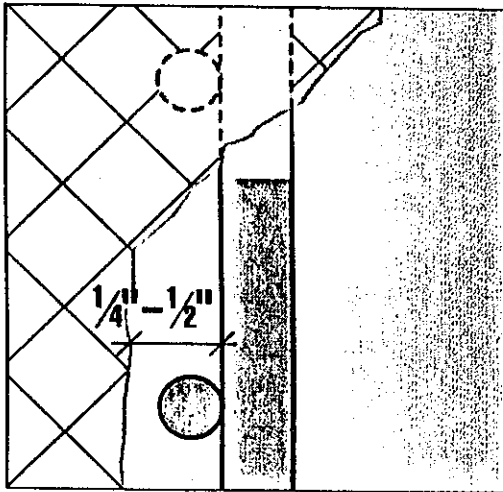
1. LIMPIE Y MARQUE EL AREA DE CONCRETO DANADA A SER REMOVIDA



2. REMUEVA EL CONCRETO CON GRAN PRESION DE AGUA

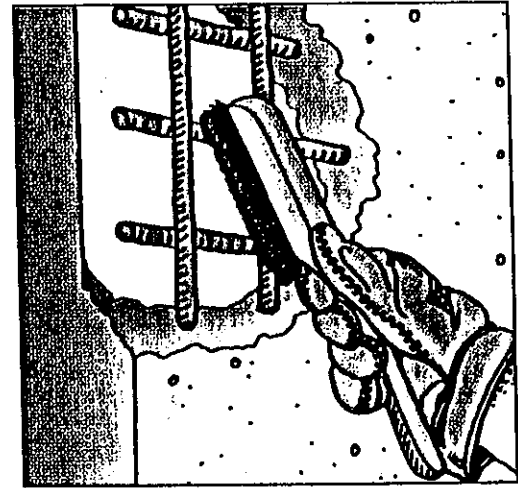
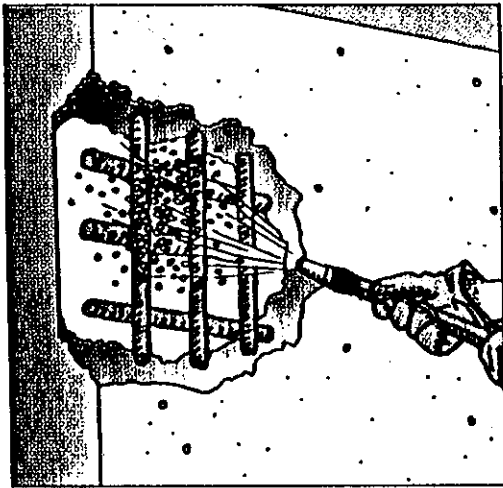


- ...O CON HERRAMIENTAS MECANICAS



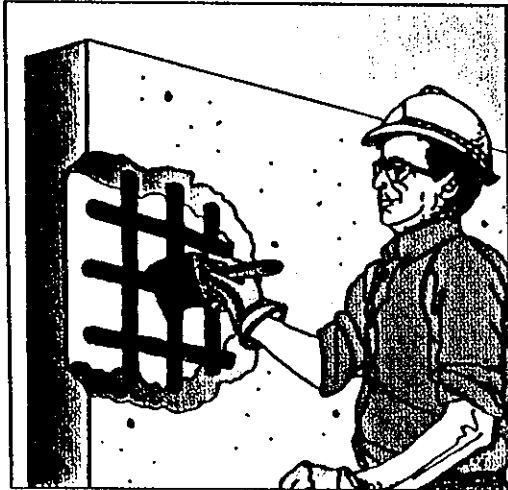
3. SI CUALQUIER ESTRUCTURA DE ACERO ESTA EXPUESTA A LA SUPERFICIE TOTALMENTE CORROIDA, REMUEVA APROXIMADAMENTE DE 1/4 A 1/2 PULGADA DE CONCRETO DETRAS DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

4. SI SOLO POR ENCIMA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO SE ENCUENTRA CORROIDA, REMUEVA LO SUFICIENTE EL CONCRETO PARA EXPONER EL ACERO LIMPIO

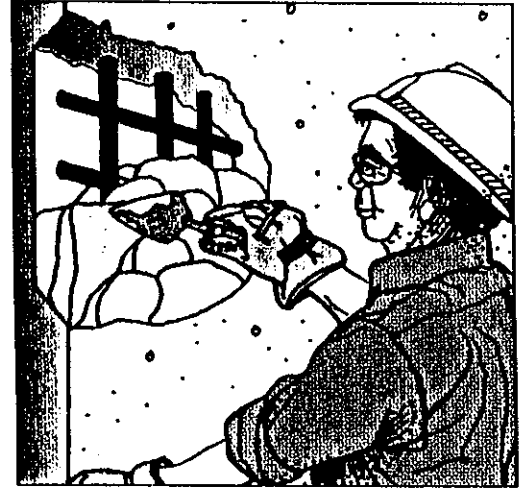


5. LIMPIE LA ESTRUCTURA DE ACERO EXPUESTA:
- EN AREAS GRANDES, LIMPIE CON VIENTO A PRESION
 - REMUEVA EL POLVO

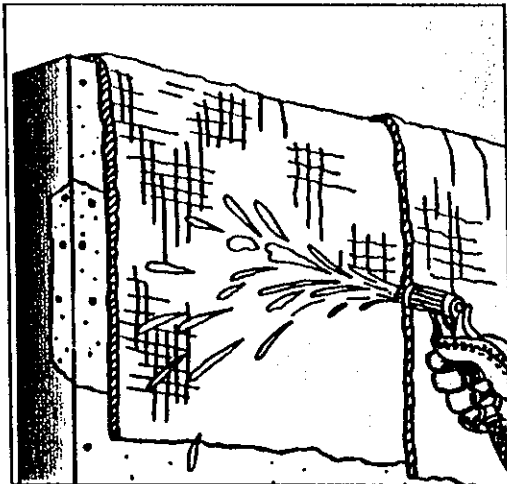
- EN AREAS PEQUENAS, USE UN CEPILLO DE ALAMBRE
- REMUEVA EL POLVO



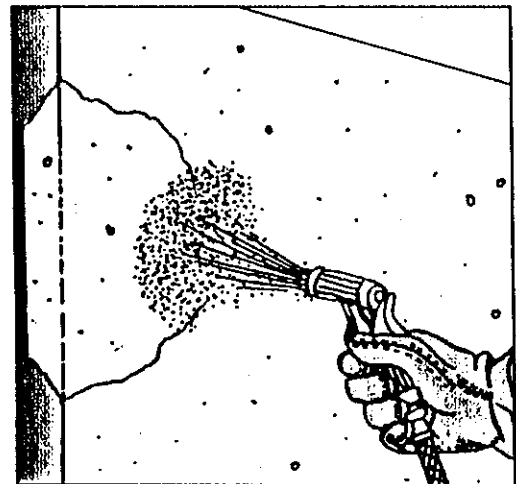
6. PRIMERO, PROTEJA EL ACERO CON UN ANTI-CORROSIVO



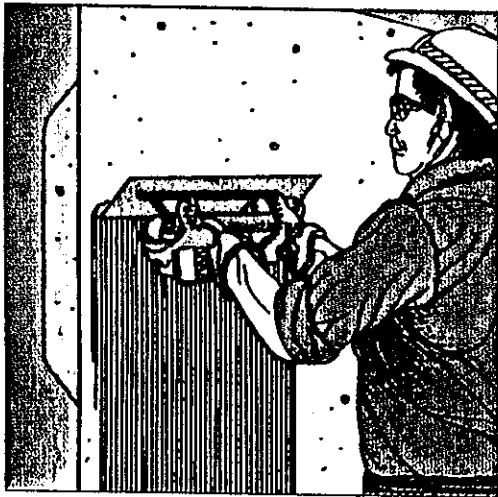
7. LLENE LAS ABERTURAS EN EL CONCRETO CON MORTERO PARA REPARACIONES



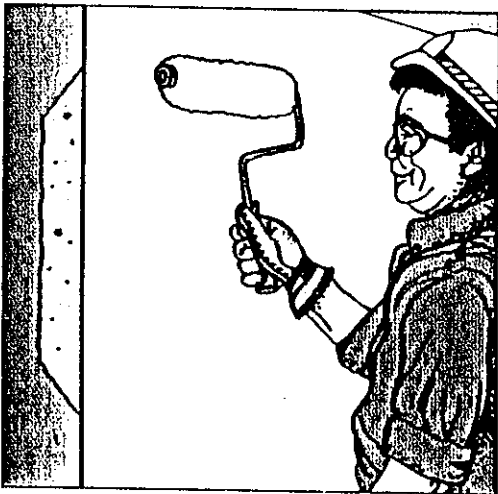
8. PROTEJA EL MORTERO FRESCO CURADO CON UNA TELA DE MANTA HUMEDA O CUBRALO CON PLIEGOS DE PLASTICO



9. PROTEJA LA REPARACION Y EL RESTO DEL CONCRETO



10. NIVELÉ CADA SUPERFICIE DEFECTUOSA Y RESTAURE E CONTORNO



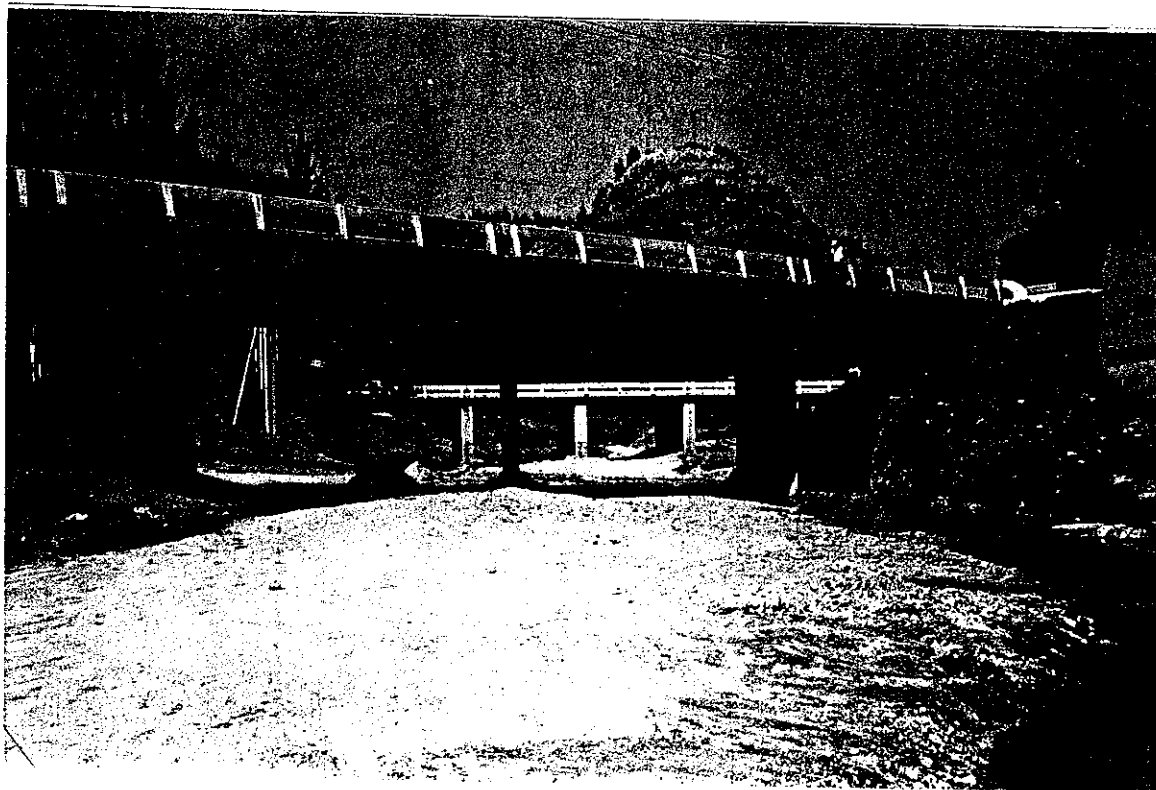
11. FINALMENTE, PROTEJA LA REPARACION CONTRA LOS EFECTOS DEL AGUA Y DE OTROS ELEMENTOS

A N E X O 6

ANEXO 6

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

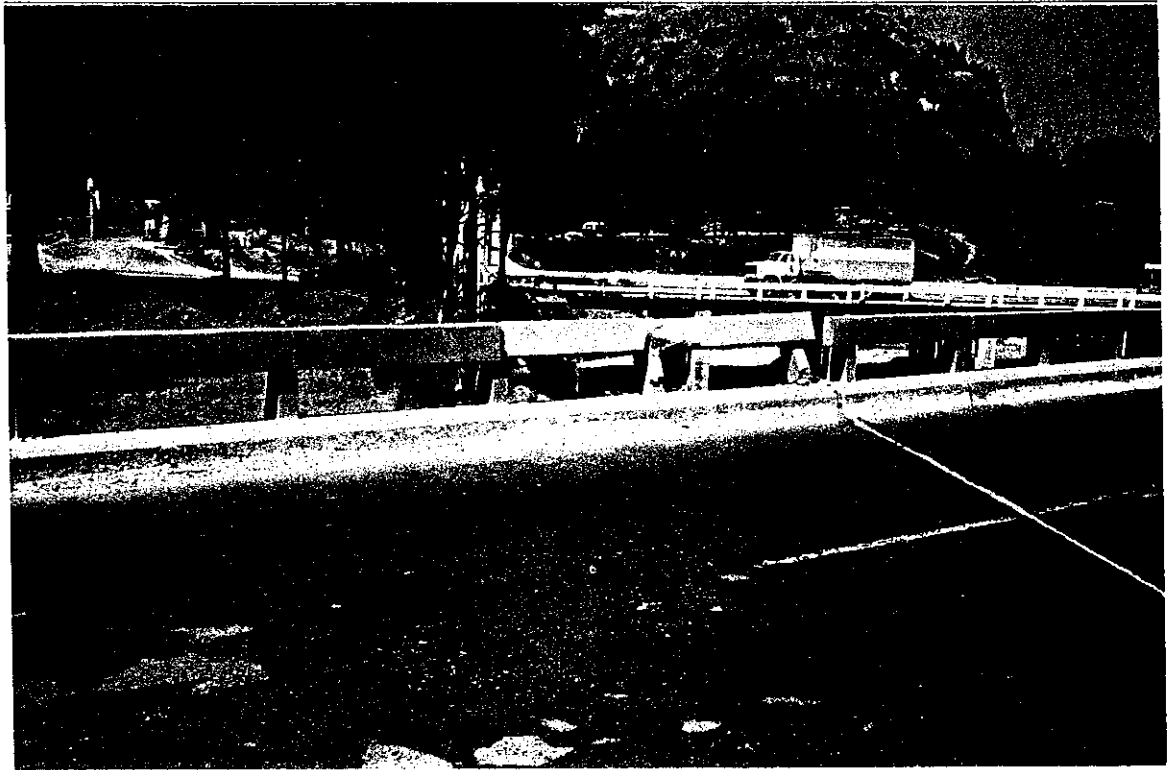
- Fotografía No.1 Puente Villa Lobos IV
- Fotografía No.2 Subestructura del puente
- Fotografía No.3 Superestructura
- Fotografía No.4 Apoyos
- Fotografía No.5 Tablero o losa de superficie
- Fotografía No.6 Juntas de calzada
- Fotografía No.7 y No.8 Drenaje del puente
- Fotografía No.9 y No.10 Barandal del puente



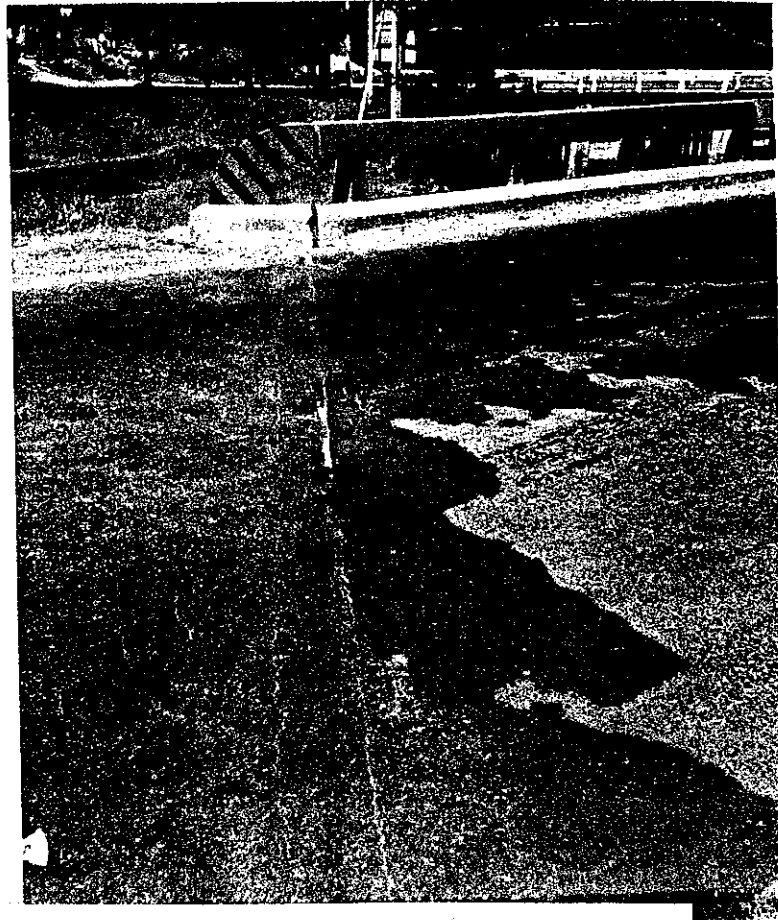
Fotografía No.1 Puente Villa Lobos IV



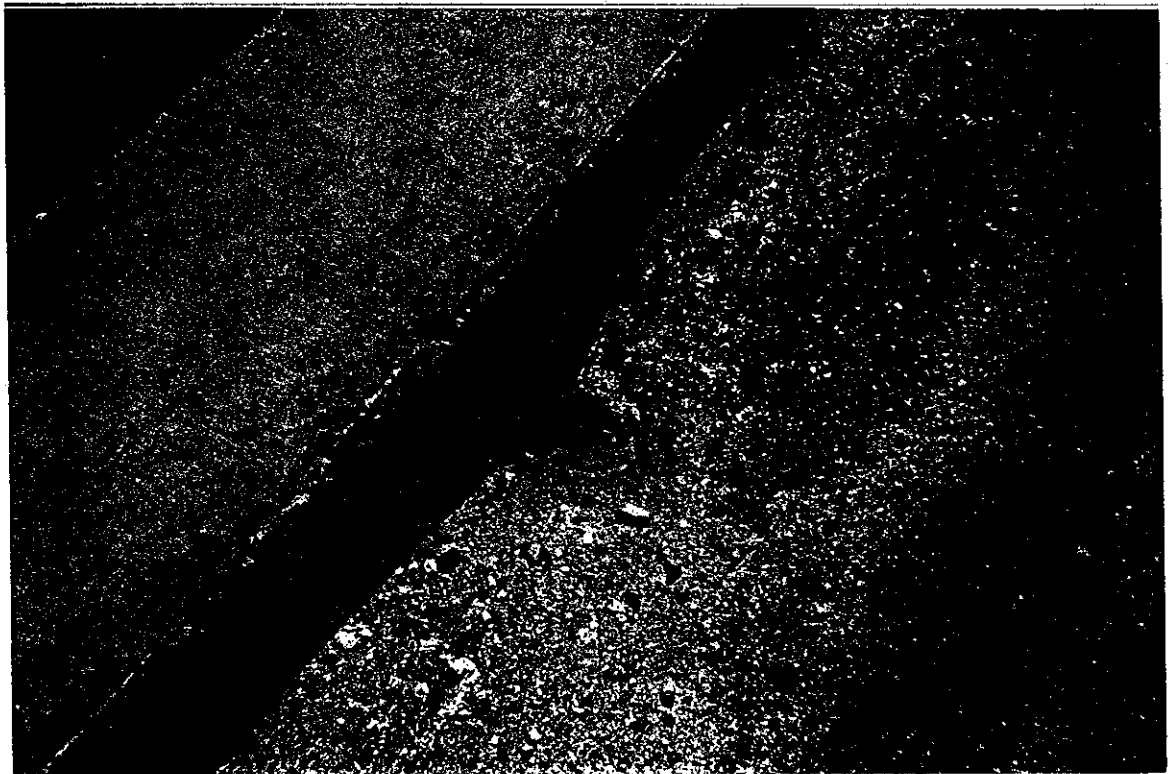
Fotografía No.2 Subestructura del puente



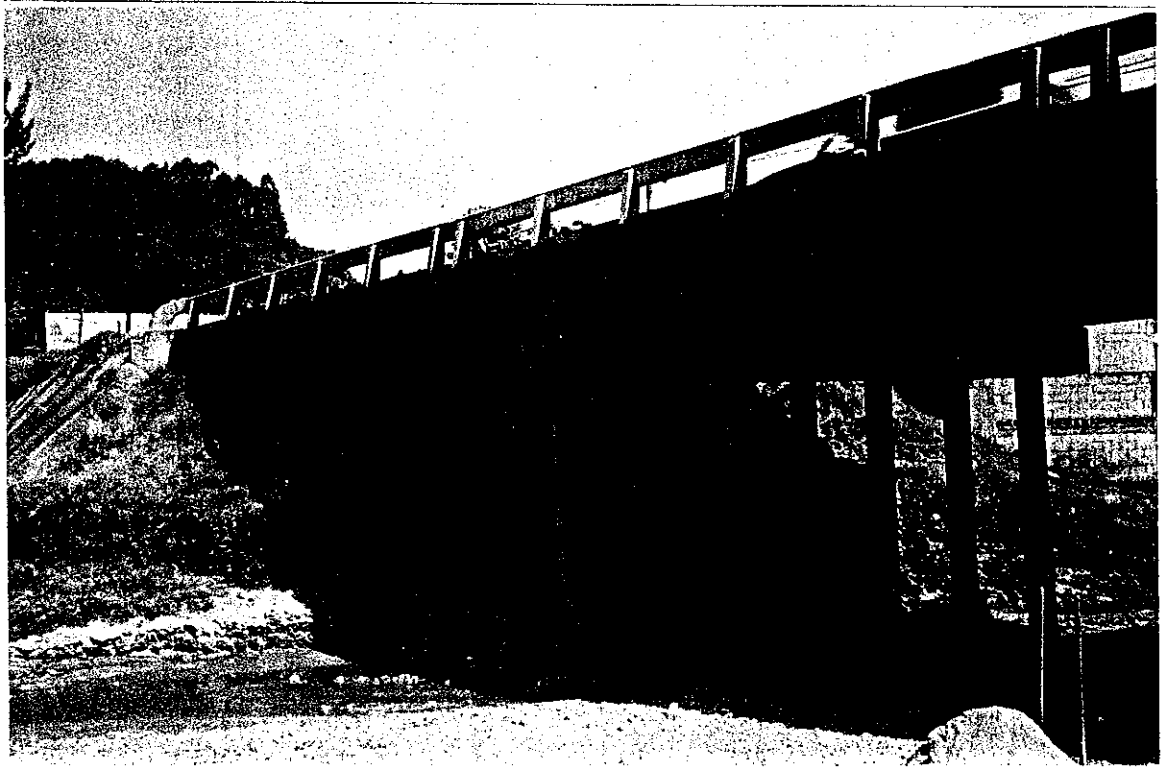
Fotografía No.5 Tablero o losa de superficie



Fotografía No.6 Juntas de calzada



Fotografía No.7 y No.8 Drenaje del puente



Fotografía No.9 y No.10 Barandal del puente

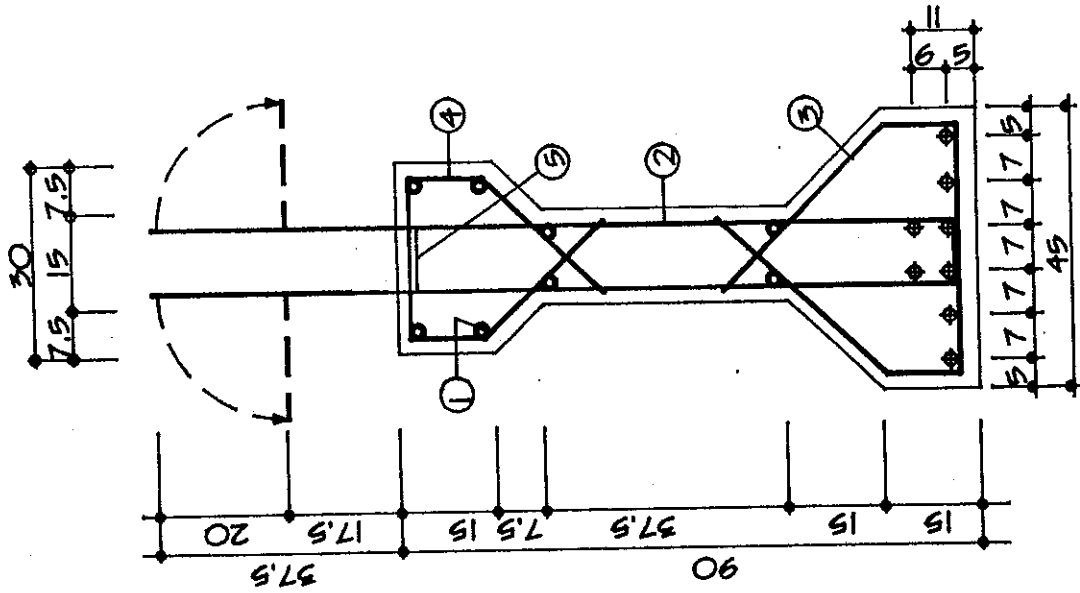
A N E X O 7

PLANILLA DE REFUERZO DE VIGA I (tipo 2 asшто)

Código	No. de Cantidad	Largo	DETALLE
1	3	995	995
2	3	46	125
3	3	53	143
4	3	53	106
5	3	7	212

PESO DEL HIERRO: 184.00 KG.
 VOLUMEN DEL CONCRETO: 2.31 m³
 CANTIDAD - 6 UNIDADES.

PLANILLA DE MATERIALES VIGA I (TIPO 2 AASHTO)		TOTALES
MATERIALES		
CONCRETO CLASE 5000		13.86 m ³
VARILLA No.3		1104.02 KG.
ACERO DE PREEFUERZO		806 KG.



SECCION VIGA I (TIPO 2 AASHTO)

A N E X O 8

NOTAS GENERALES

- 1) Especificaciones:
 - a) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 1, No. 1, Ed. 1968.
 - b) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 2, No. 1, Ed. 1968.
 - c) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 3, No. 1, Ed. 1968.
 - d) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 4, No. 1, Ed. 1968.
 - e) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 5, No. 1, Ed. 1968.
 - f) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 6, No. 1, Ed. 1968.
 - g) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 7, No. 1, Ed. 1968.
 - h) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 8, No. 1, Ed. 1968.
 - i) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 9, No. 1, Ed. 1968.
 - j) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 10, No. 1, Ed. 1968.
 - k) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 11, No. 1, Ed. 1968.
 - l) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 12, No. 1, Ed. 1968.
 - m) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 13, No. 1, Ed. 1968.
 - n) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 14, No. 1, Ed. 1968.
 - o) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 15, No. 1, Ed. 1968.
 - p) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 16, No. 1, Ed. 1968.
 - q) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 17, No. 1, Ed. 1968.
 - r) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 18, No. 1, Ed. 1968.
 - s) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 19, No. 1, Ed. 1968.
 - t) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 20, No. 1, Ed. 1968.
 - u) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 21, No. 1, Ed. 1968.
 - v) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 22, No. 1, Ed. 1968.
 - w) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 23, No. 1, Ed. 1968.
 - x) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 24, No. 1, Ed. 1968.
 - y) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 25, No. 1, Ed. 1968.
 - z) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 26, No. 1, Ed. 1968.
 - aa) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 27, No. 1, Ed. 1968.
 - ab) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 28, No. 1, Ed. 1968.
 - ac) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 29, No. 1, Ed. 1968.
 - ad) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 30, No. 1, Ed. 1968.
 - ae) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 31, No. 1, Ed. 1968.
 - af) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 32, No. 1, Ed. 1968.
 - ag) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 33, No. 1, Ed. 1968.
 - ah) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 34, No. 1, Ed. 1968.
 - ai) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 35, No. 1, Ed. 1968.
 - aj) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 36, No. 1, Ed. 1968.
 - ak) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 37, No. 1, Ed. 1968.
 - al) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 38, No. 1, Ed. 1968.
 - am) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 39, No. 1, Ed. 1968.
 - an) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 40, No. 1, Ed. 1968.
 - ao) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 41, No. 1, Ed. 1968.
 - ap) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 42, No. 1, Ed. 1968.
 - aq) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 43, No. 1, Ed. 1968.
 - ar) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 44, No. 1, Ed. 1968.
 - as) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 45, No. 1, Ed. 1968.
 - at) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 46, No. 1, Ed. 1968.
 - au) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 47, No. 1, Ed. 1968.
 - av) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 48, No. 1, Ed. 1968.
 - aw) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 49, No. 1, Ed. 1968.
 - ax) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 50, No. 1, Ed. 1968.
 - ay) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 51, No. 1, Ed. 1968.
 - az) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 52, No. 1, Ed. 1968.
 - ba) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 53, No. 1, Ed. 1968.
 - bb) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 54, No. 1, Ed. 1968.
 - bc) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 55, No. 1, Ed. 1968.
 - bd) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 56, No. 1, Ed. 1968.
 - be) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 57, No. 1, Ed. 1968.
 - bf) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 58, No. 1, Ed. 1968.
 - bg) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 59, No. 1, Ed. 1968.
 - bh) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 60, No. 1, Ed. 1968.
 - bi) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 61, No. 1, Ed. 1968.
 - bj) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 62, No. 1, Ed. 1968.
 - bk) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 63, No. 1, Ed. 1968.
 - bl) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 64, No. 1, Ed. 1968.
 - bm) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 65, No. 1, Ed. 1968.
 - bn) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 66, No. 1, Ed. 1968.
 - bo) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 67, No. 1, Ed. 1968.
 - bp) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 68, No. 1, Ed. 1968.
 - bq) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 69, No. 1, Ed. 1968.
 - br) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 70, No. 1, Ed. 1968.
 - bs) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 71, No. 1, Ed. 1968.
 - bt) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 72, No. 1, Ed. 1968.
 - bu) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 73, No. 1, Ed. 1968.
 - bv) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 74, No. 1, Ed. 1968.
 - bw) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 75, No. 1, Ed. 1968.
 - bx) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 76, No. 1, Ed. 1968.
 - by) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 77, No. 1, Ed. 1968.
 - bz) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 78, No. 1, Ed. 1968.
 - ca) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 79, No. 1, Ed. 1968.
 - cb) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 80, No. 1, Ed. 1968.
 - cc) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 81, No. 1, Ed. 1968.
 - cd) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 82, No. 1, Ed. 1968.
 - ce) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 83, No. 1, Ed. 1968.
 - cf) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 84, No. 1, Ed. 1968.
 - cg) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 85, No. 1, Ed. 1968.
 - ch) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 86, No. 1, Ed. 1968.
 - ci) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 87, No. 1, Ed. 1968.
 - cj) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 88, No. 1, Ed. 1968.
 - ck) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 89, No. 1, Ed. 1968.
 - cl) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 90, No. 1, Ed. 1968.
 - cm) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 91, No. 1, Ed. 1968.
 - cn) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 92, No. 1, Ed. 1968.
 - co) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 93, No. 1, Ed. 1968.
 - cp) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 94, No. 1, Ed. 1968.
 - cq) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 95, No. 1, Ed. 1968.
 - cr) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 96, No. 1, Ed. 1968.
 - cs) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 97, No. 1, Ed. 1968.
 - ct) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 98, No. 1, Ed. 1968.
 - cu) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 99, No. 1, Ed. 1968.
 - cv) Obras de Ingeniería Civil, Vol. 100, No. 1, Ed. 1968.

- 2) Materiales:
 - a) Cemento: Tipo I, Clase 40, Ed. 1968.
 - b) Arena: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - c) Grava: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - d) Piedras: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - e) Hierro: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - f) Madera: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - g) Mortar: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - h) Adhesivos: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - i) Pinturas: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - j) Acabados: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.
 - k) Otros: Tipo I, Clase 2, Ed. 1968.

- 3) Indices de Plazos:
 - a) Planta y Estructura: 100 días.
 - b) Cimentación: 15 días.
 - c) Muros: 10 días.
 - d) Techos: 10 días.
 - e) Acabados: 10 días.
 - f) Otros: 10 días.

- 4) Observaciones:
 - a) El terreno es firme y no requiere de cimentación especial.
 - b) El agua de lluvia puede ser utilizada para riego.
 - c) El viento predominante es del noreste.
 - d) La temperatura promedio es de 25°C.
 - e) La humedad relativa promedio es de 70%.
 - f) El nivel del terreno es de 990 metros.
 - g) El nivel del agua es de 985 metros.
 - h) El nivel del mar es de 0 metros.
 - i) El nivel de la ciudad es de 980 metros.
 - j) El nivel de la carretera es de 975 metros.
 - k) El nivel de la escuela es de 970 metros.
 - l) El nivel de la casa es de 965 metros.
 - m) El nivel de la iglesia es de 960 metros.
 - n) El nivel de la plaza es de 955 metros.
 - o) El nivel de la calle es de 950 metros.
 - p) El nivel de la vereda es de 945 metros.
 - q) El nivel de la finca es de 940 metros.
 - r) El nivel de la zona rural es de 935 metros.
 - s) El nivel de la zona agrícola es de 930 metros.
 - t) El nivel de la zona ganadera es de 925 metros.
 - u) El nivel de la zona industrial es de 920 metros.
 - v) El nivel de la zona comercial es de 915 metros.
 - w) El nivel de la zona residencial es de 910 metros.
 - x) El nivel de la zona administrativa es de 905 metros.
 - y) El nivel de la zona educativa es de 900 metros.
 - z) El nivel de la zona recreativa es de 895 metros.
 - aa) El nivel de la zona deportiva es de 890 metros.
 - ab) El nivel de la zona cultural es de 885 metros.
 - ac) El nivel de la zona religiosa es de 880 metros.
 - ad) El nivel de la zona social es de 875 metros.
 - ae) El nivel de la zona política es de 870 metros.
 - af) El nivel de la zona económica es de 865 metros.
 - ag) El nivel de la zona científica es de 860 metros.
 - ah) El nivel de la zona tecnológica es de 855 metros.
 - ai) El nivel de la zona artística es de 850 metros.
 - aj) El nivel de la zona literaria es de 845 metros.
 - ak) El nivel de la zona musical es de 840 metros.
 - al) El nivel de la zona teatral es de 835 metros.
 - am) El nivel de la zona cinematográfica es de 830 metros.
 - an) El nivel de la zona televisiva es de 825 metros.
 - ao) El nivel de la zona radiofónica es de 820 metros.
 - ap) El nivel de la zona telefónica es de 815 metros.
 - aq) El nivel de la zona postal es de 810 metros.
 - ar) El nivel de la zona energética es de 805 metros.
 - as) El nivel de la zona informática es de 800 metros.
 - at) El nivel de la zona espacial es de 795 metros.
 - au) El nivel de la zona astronómica es de 790 metros.
 - av) El nivel de la zona geográfica es de 785 metros.
 - aw) El nivel de la zona topográfica es de 780 metros.
 - ax) El nivel de la zona cartográfica es de 775 metros.
 - ay) El nivel de la zona geodésica es de 770 metros.
 - az) El nivel de la zona geológica es de 765 metros.
 - ba) El nivel de la zona geográfica es de 760 metros.
 - bb) El nivel de la zona geográfica es de 755 metros.
 - bc) El nivel de la zona geográfica es de 750 metros.
 - bd) El nivel de la zona geográfica es de 745 metros.
 - be) El nivel de la zona geográfica es de 740 metros.
 - bf) El nivel de la zona geográfica es de 735 metros.
 - bg) El nivel de la zona geográfica es de 730 metros.
 - bh) El nivel de la zona geográfica es de 725 metros.
 - bi) El nivel de la zona geográfica es de 720 metros.
 - bj) El nivel de la zona geográfica es de 715 metros.
 - bk) El nivel de la zona geográfica es de 710 metros.
 - bl) El nivel de la zona geográfica es de 705 metros.
 - bm) El nivel de la zona geográfica es de 700 metros.
 - bn) El nivel de la zona geográfica es de 695 metros.
 - bo) El nivel de la zona geográfica es de 690 metros.
 - bp) El nivel de la zona geográfica es de 685 metros.
 - bq) El nivel de la zona geográfica es de 680 metros.
 - br) El nivel de la zona geográfica es de 675 metros.
 - bs) El nivel de la zona geográfica es de 670 metros.
 - bt) El nivel de la zona geográfica es de 665 metros.
 - bu) El nivel de la zona geográfica es de 660 metros.
 - bv) El nivel de la zona geográfica es de 655 metros.
 - bw) El nivel de la zona geográfica es de 650 metros.
 - bx) El nivel de la zona geográfica es de 645 metros.
 - by) El nivel de la zona geográfica es de 640 metros.
 - bz) El nivel de la zona geográfica es de 635 metros.
 - ca) El nivel de la zona geográfica es de 630 metros.
 - cb) El nivel de la zona geográfica es de 625 metros.
 - cc) El nivel de la zona geográfica es de 620 metros.
 - cd) El nivel de la zona geográfica es de 615 metros.
 - ce) El nivel de la zona geográfica es de 610 metros.
 - cf) El nivel de la zona geográfica es de 605 metros.
 - cg) El nivel de la zona geográfica es de 600 metros.
 - ch) El nivel de la zona geográfica es de 595 metros.
 - ci) El nivel de la zona geográfica es de 590 metros.
 - cj) El nivel de la zona geográfica es de 585 metros.
 - ck) El nivel de la zona geográfica es de 580 metros.
 - cl) El nivel de la zona geográfica es de 575 metros.
 - cm) El nivel de la zona geográfica es de 570 metros.
 - cn) El nivel de la zona geográfica es de 565 metros.
 - co) El nivel de la zona geográfica es de 560 metros.
 - cp) El nivel de la zona geográfica es de 555 metros.
 - cq) El nivel de la zona geográfica es de 550 metros.
 - cr) El nivel de la zona geográfica es de 545 metros.
 - cs) El nivel de la zona geográfica es de 540 metros.
 - ct) El nivel de la zona geográfica es de 535 metros.
 - cu) El nivel de la zona geográfica es de 530 metros.
 - cv) El nivel de la zona geográfica es de 525 metros.
 - cw) El nivel de la zona geográfica es de 520 metros.
 - cx) El nivel de la zona geográfica es de 515 metros.
 - cy) El nivel de la zona geográfica es de 510 metros.
 - cz) El nivel de la zona geográfica es de 505 metros.
 - ca) El nivel de la zona geográfica es de 500 metros.

- 5) Detalles de Estructura:
 - a) Muro de Contención: Ver detalle en hoja 18.
 - b) Cimentación: Ver detalle en hoja 19.
 - c) Columna: Ver detalle en hoja 20.
 - d) Viga: Ver detalle en hoja 21.
 - e) Losa: Ver detalle en hoja 22.
 - f) Escalera: Ver detalle en hoja 23.
 - g) Puerta: Ver detalle en hoja 24.
 - h) Ventana: Ver detalle en hoja 25.
 - i) Techo: Ver detalle en hoja 26.
 - j) Acabado: Ver detalle en hoja 27.
 - k) Otros: Ver detalle en hoja 28.

RESUMEN GENERAL DE MATERIALES

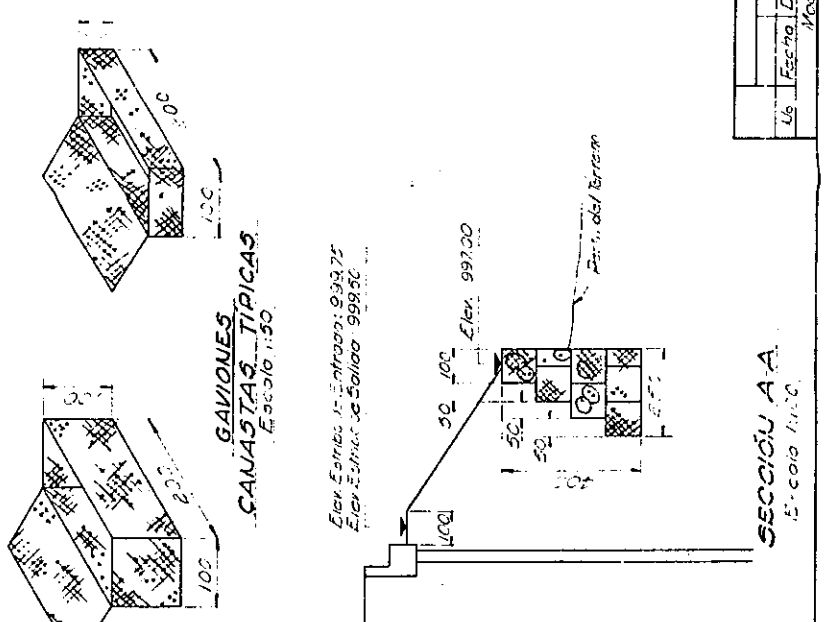
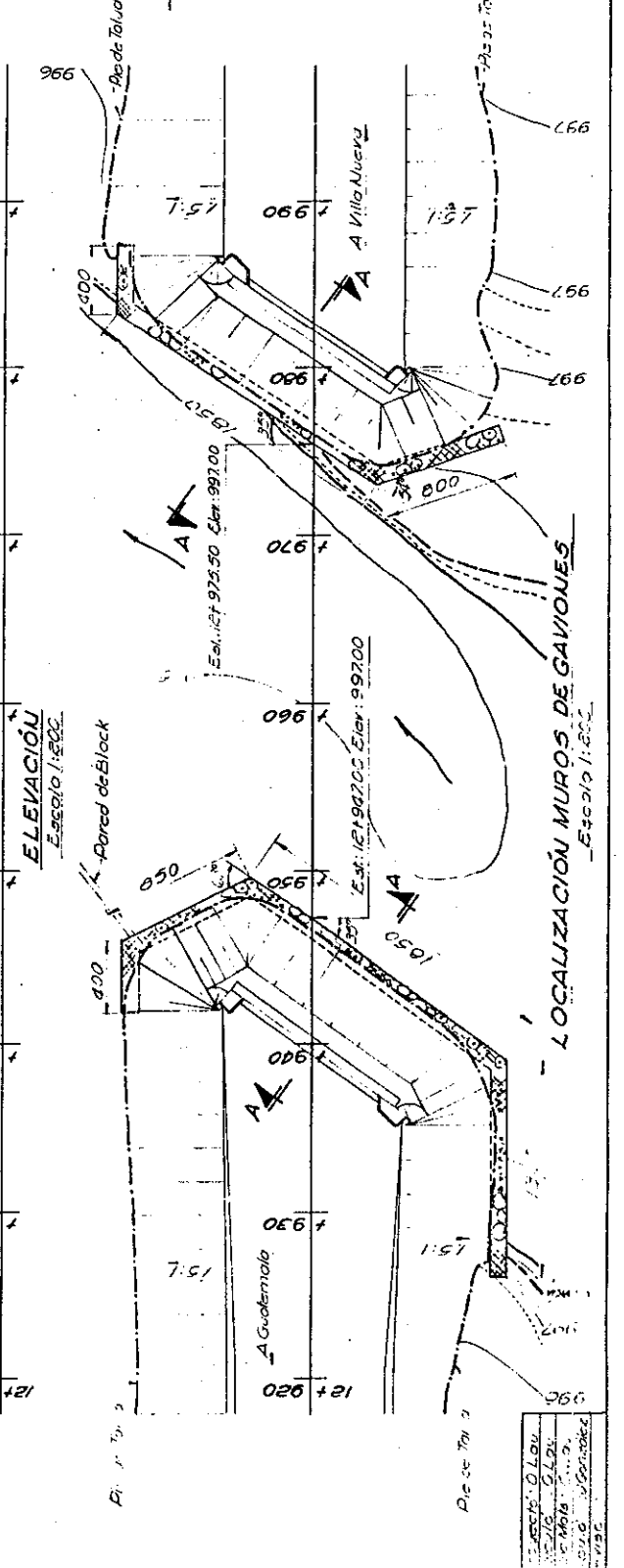
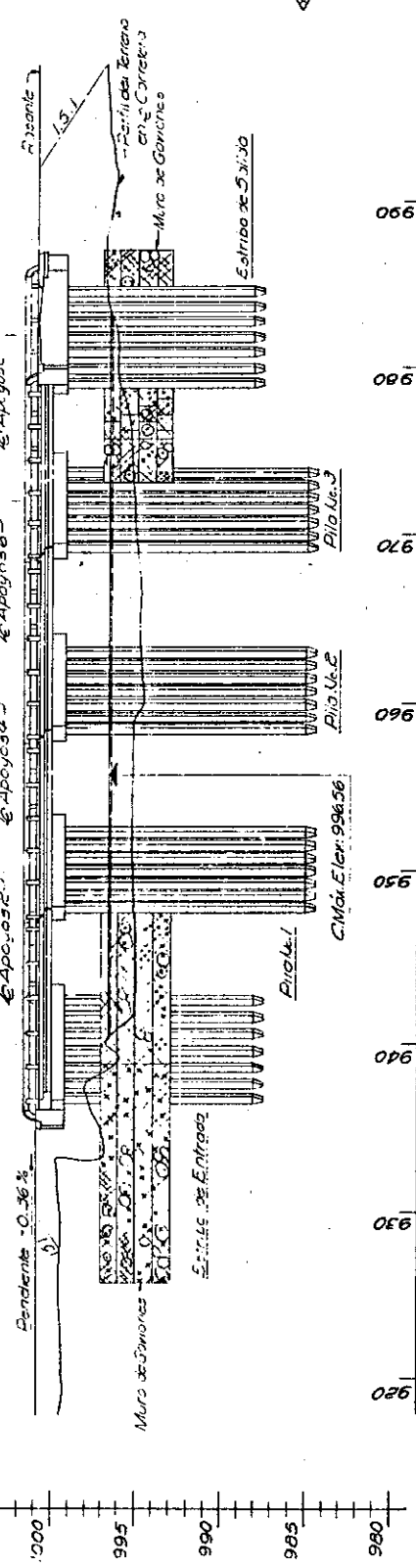
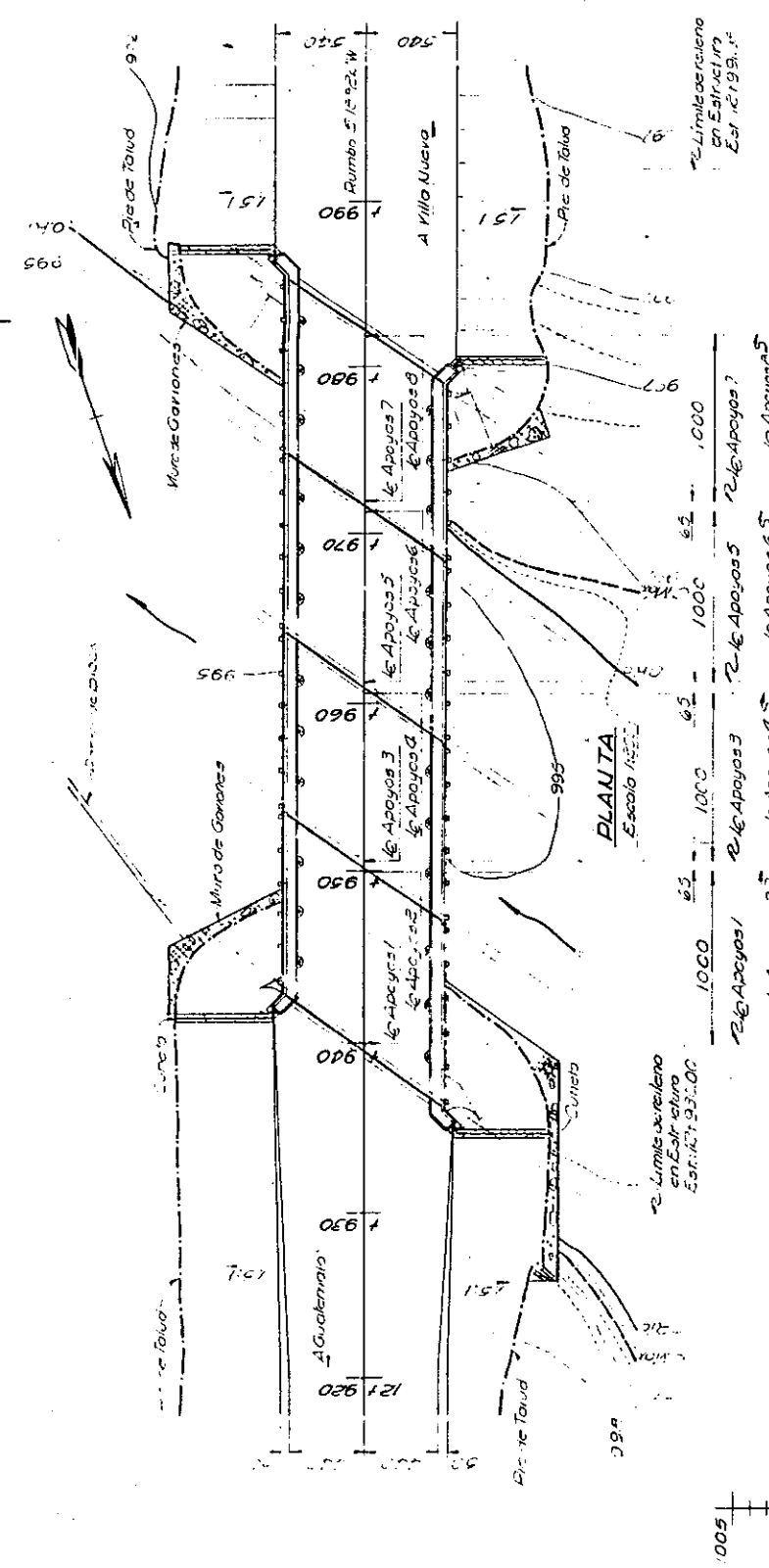
Material	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Concreto Clase A	m ³	1500	1200	1800000
Barra No. 10	kg	20000	1000	20000000
Barra No. 8	kg	15000	800	12000000
Barra No. 6	kg	10000	600	6000000
Barra No. 4	kg	5000	400	2000000
Barra No. 3	kg	3000	300	900000
Barra No. 2	kg	2000	200	400000
Barra No. 1	kg	1000	100	100000
Alambre No. 12	kg	5000	100	500000
Alambre No. 10	kg	3000	80	240000
Alambre No. 8	kg	2000	60	120000
Alambre No. 6	kg	1000	40	40000
Alambre No. 4	kg	500	20	10000
Alambre No. 3	kg	300	15	4500
Alambre No. 2	kg	200	10	2000
Alambre No. 1	kg	100	5	500
Acero	kg	10000	1000	10000000
Aluminio	kg	5000	500	2500000
Cemento	m ³	1500	1200	1800000
Arena	m ³	3000	300	900000
Grava	m ³	3000	300	900000
Piedras	m ³	3000	300	900000
Hierro	kg	20000	1000	20000000
Madera	m ³	1000	1000	1000000
Mortar	m ³	1500	1200	1800000
Adhesivos	kg	5000	1000	5000000
Pinturas	kg	1000	1000	1000000
Acabados	kg	1000	1000	1000000
Otros	kg	1000	1000	1000000

DGC GUATEMALA
SECCION DE ESTUDIO DE PUENTES
Proy. Ampliación C.A. 9 Sur
Gran Maquila - Villa Nueva
Estr. 10-1-960

PLANTA Y ELEVACION

SECCION A-A
Escala 1:50

Director General: G. DOMINGO



PLANTILLA DE MATERIALES PARA UN ESTRIBO

Loc.	Concreto	Barra	Alambre	Gr. de	Comp.	Det.	Rezo	Rezo
1	10.25	175	19					
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								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

PLANTILLA DE MATERIALES PARA UNA PILA

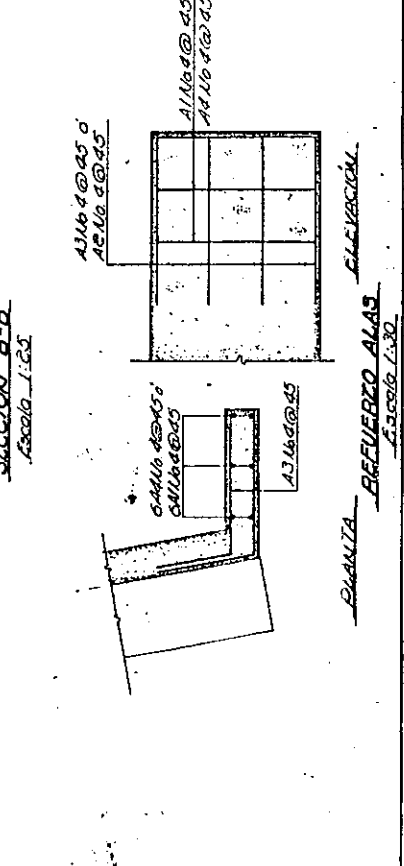
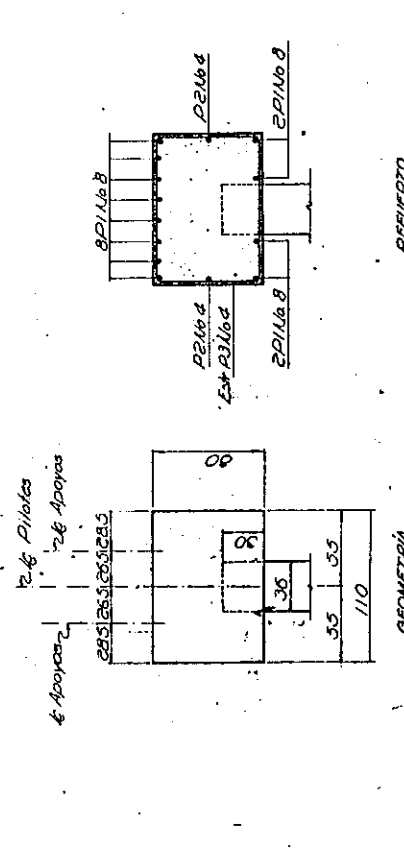
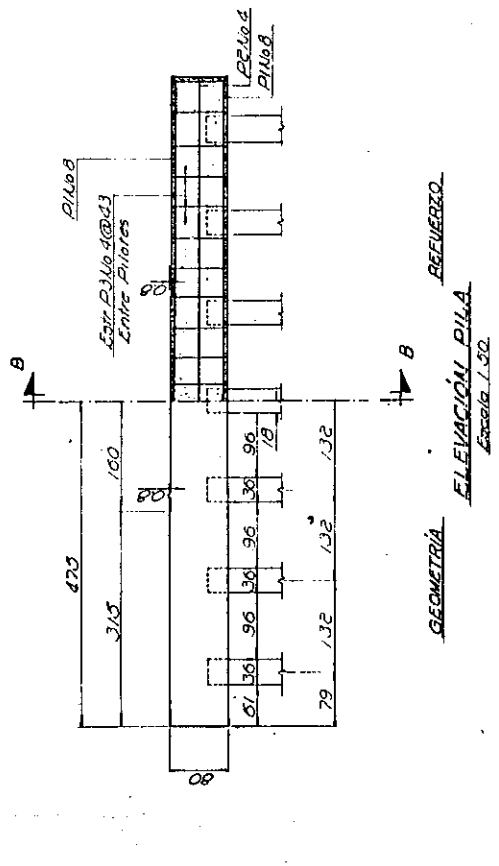
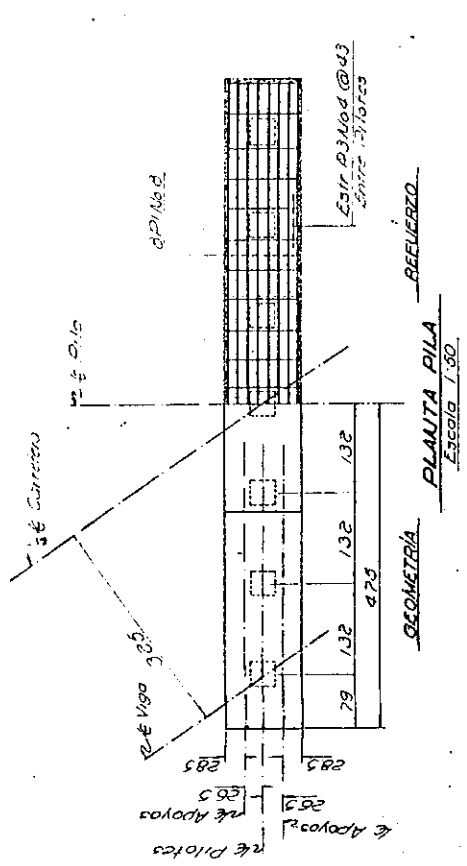
Loc.	Concreto	Barra	Alambre	Gr. de	Comp.	Det.	Rezo	Rezo
1	8.09	175	19					
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

RESUMEN DE MATERIALES PARA 3 PILLAS

Material	Cantidad	Unidad
Material	2827	m ³
Conc. Clase A	2827	m ³
Barra No. 8	1344	kg
Barra No. 5	300	kg
Barra No. 4	300	kg
Total Refuerzo	1644	kg

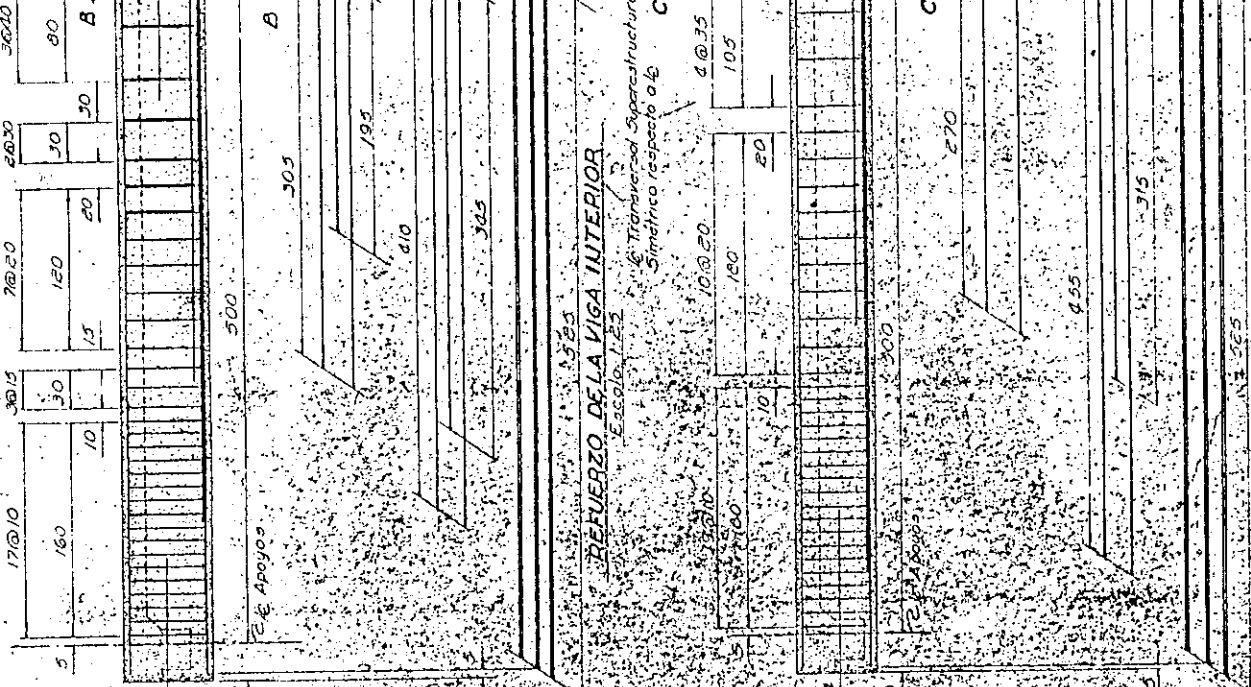
RESUMEN DE MATERIALES PARA 3 ESTRIBOS

Material	Cantidad	Unidad
Material	2827	m ³
Conc. Clase A	2827	m ³
Barra No. 8	1344	kg
Barra No. 5	300	kg
Barra No. 4	300	kg
Total Refuerzo	1644	kg



4/7

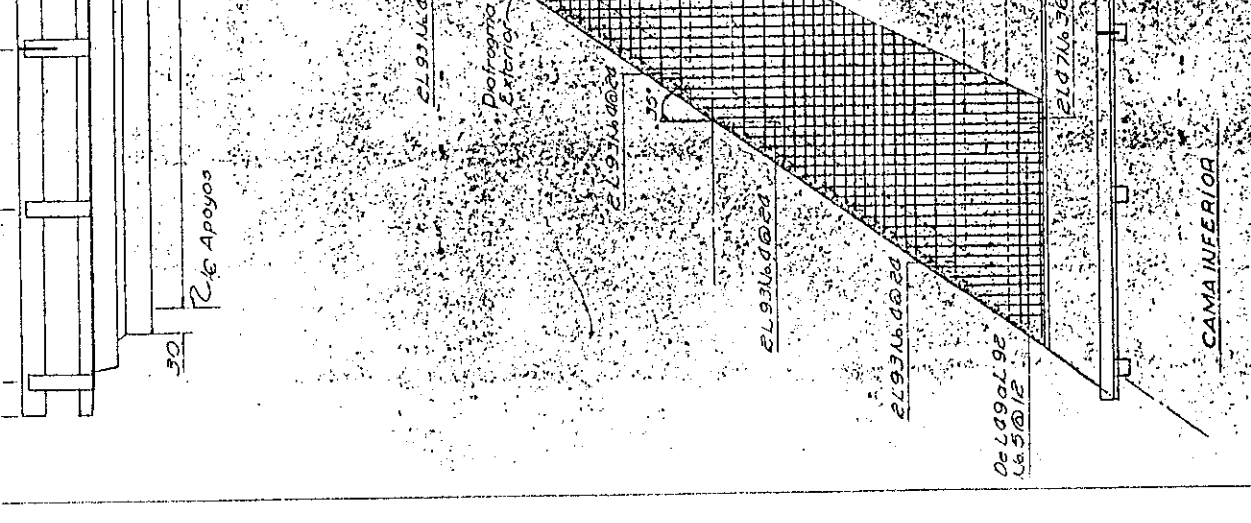
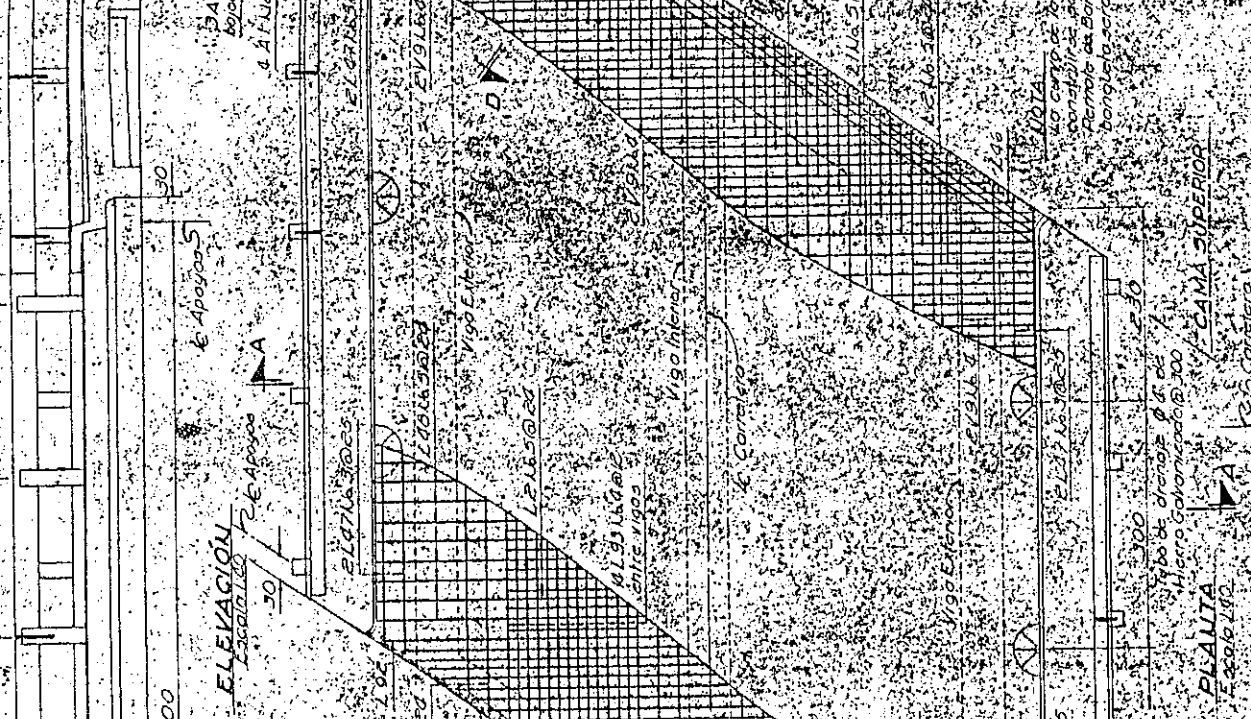
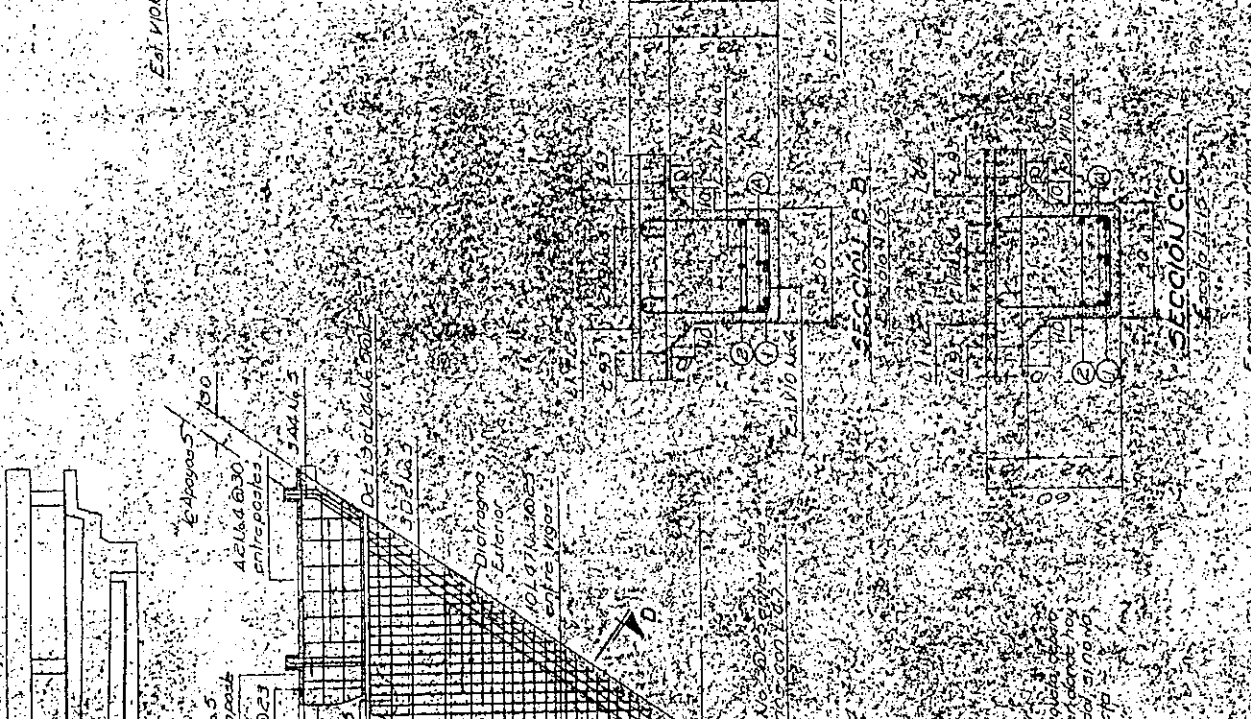
Troneraal Superestructura S
Simétrica respecto a B



D.G.C. GUATEMALA
SECCION DE ESTUDIO DE PUENTES
Proy. Ampliación C.A. 9. Sur
Calle 14 No. 1185, 1182

PUENTE RIO EL MOLINO VILLALOBOS II
SUPERESTRUCTURA TIPO
Tipo: 3 Vigas de Concreto
Eje: 35.00m
Hija: 1/2

Escalas Indicadas	Abril de 1973
Horario	17h
Elaborado por	U. de la U. de la U.
Ejecutores	U. de la U. de la U.
Director General	U. de la U. de la U.



D.G.C. GUATEMALA
SECCION DE ESTUDIO DE PUENTES
Proy. Ampliación C.A. 9. Sur
Calle 14 No. 1185, 1182

PUENTE RIO EL MOLINO VILLALOBOS II
SUPERESTRUCTURA TIPO
Tipo: 3 Vigas de Concreto
Eje: 35.00m
Hija: 1/2

Escalas Indicadas	Abril de 1973
Horario	17h
Elaborado por	U. de la U. de la U.
Ejecutores	U. de la U. de la U.
Director General	U. de la U. de la U.

No.	Fecha	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.
1	15/04/73	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.

DETALLE DEL TRASLAPES
Escala 1:25
Ver Nota 9

REFUERZO
Escala 1:25

SECCION A-A
Escala 1:25

GEOMETRIA
SECCION A-A
Escala 1:25

No.	Fecha	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.
1	15/04/73	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.	U. de la U.