

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA
EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DE
PUENTES COLGANTES EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”**

TESIS
PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

POR:

BACH.: ZULEIKA DEL CARMEN SANCHEZ VIENA

ASESOR: ING^o M.Sc. VICTOR EDUARDO SAMAME ZATTA

TARAPOTO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**“PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA
EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DE
PUENTES COLGANTES EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

INGENIERO CIVIL

POR:

BACH.: ZULEIKA DEL CARMEN SANCHEZ VIENA

SUSTENTADO Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:

PRESIDENTE: Ing. GILBERTO ALIAGA ATALAYA.....

SECRETARIO: ING. M.Sc. RUBEN DEL AGUILA PANDURO.....

MIEMBRO: ING. M.Sc. WILTON CELIS ÁNGULO.....

ASESOR : ING. M.Sc. VICTOR EDUARDO SAMAME ZATTA.....

DEDICATORIA

A **Dios**, por toda su bendición de cada día
y por permitirme compartir las alegrías y los
logros con mis seres queridos y darme la
oportunidad de ser feliz.

A mis queridos padres **Hoíler y Herlinda**, por la
vida, por mi formación como persona y profesional;
que siempre me apoyan en mis necesidades y sueños
con mucha gratitud que con todo su amor, cariño,
comprensión y sacrificio son quienes me enseñaron a
vivir una vida con ejemplo de humildad y honestidad.

A mis hermanos **Hoíler Enrique y Eliska
del Carmen**, por el inestimable apoyo
colaboración, cariño y amistad.

A mis hijos, **Luciana Zoe y Jadir Adriano**,
ser mi apoyo y hacer que todos mis días
sean sorprendentes.

AGRADECIMIENTO

- *A mi asesor Ing. M.Sc. VÍCTOR EDUARDO SAMAME ZATTA, por su apoyo, sabia orientación y por haberme permitido estar bajo su dirección en el desarrollo de la presente tesis.*
- *A los Docentes de la FICA que con paciencia me brindaron sus conocimientos y experiencias, a aquellas personas especiales que nos dan valor y fuerza para lograr nuestros objetivos*

INDICE

	Página
Carátula	i
Contracarátula.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice	v
Resumen en Castellano.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación.....	1
1.3 Aspectos Generales del Estudio.....	2
II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema a resolver, características socio – económicas.....	7
2.1.1 Antecedentes del Problema.....	6
2.1.2 Definición del Problema.....	8
2.1.3 Formulación del Problema.....	9
2.2 Objetivos.....	9
2.2.1 Objetivo General.....	9
2.2.2 Objetivos Específicos.....	9
2.3 Justificación de la Investigación.....	10
2.4 Limitaciones.....	11
2.5 Marco Teórico y Conceptual.....	11
2.5.1. Marco teórico.....	11
2.5.2 Bases Teóricas.....	13
2.5.3 Marco Conceptual: Definición de Términos Básicos.....	30

2.6 Hipótesis.....	33
III MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1 Materiales.....	34
3.1.1 Recursos Humanos.....	34
3.1.2 Recursos Materiales.....	34
3.1.3 Recursos de Equipos.....	34
3.2 Metodología.....	35
3.2.1 Universo, Muestra, Población.....	35
3.2.2 Sistema de Variables.....	35
3.2.3 Diseño Experimental de la Investigación.....	35
3.2.4 Diseño de Instrumentos.....	41
3.2.5 Procesamiento de la Información.....	46
3.2.6 Recolección de datos sobre fallas y mecanismos de solución de problemas en puentes colgantes con estructura de acero.....	47
IV RESULTADOS.....	90
Ubicación de elementos y cronograma de actividades del proceso de mantenimiento de puentes colgantes con estructura de acero	90
4.1 Ubicación de elementos en los puentes colgantes	90
4.2 Cronograma de actividades del mantenimiento.....	90
4.3 Procedimientos de mantenimiento de elementos estructurales, funcionales y de seguridad de puentes colgantes con estructura de acero.....	91
V ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	107
5.1 Protocolo de evaluación del puente Punta Arenas.....	107
5.2 Pautas para la Inspección apropiada de los componentes del Puente Colgante.....	107
5.3 Condiciones Básicas: proceso mantenimiento del Puentes Colgantes.....	108
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
6.1.- Conclusiones.....	111
6.2.- Recomendaciones.....	113

VII	BIBLIOGRAFIA.....	115
VIII	ANEXOS	117
8.1	Anexo N° 01: Inventario de Puentes.....	118
8.2	Anexo N° 02: Fallas por corrosión.....	127
8.3	Anexo N° 03: Ensayo de Ultrasonido.....	209
8.4	Anexo N° 04: Grado de oxidación en el acero pintado.....	216
8.5	Anexo N° 05: Mantenimiento futuro del Puente Punta Arenas y accesos.....	220
8.6	Anexo N° 06: Planos Puente Punta Arenas.....	223

RESUMEN

El presente trabajo de Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, se ha desarrollado con la finalidad de efectuar un aporte técnico-científico para contribuir a resolver problemas de mantenimiento de puentes colgantes en la región San Martín, que al ser ejecutado permitirá contar con un servicio de transporte continuo, permanente y seguro, favoreciendo a un apropiado funcionamiento del sistema Nacional de Carreteras de nuestro País.

La investigación es de tipo descriptivo aplicativo en el nivel básico y se ha llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollando el proyecto en el Distrito Campanilla, Provincia de Mariscal Cáceres en la Región San Martín.

Este trabajo se ha desarrollado, realizando la inspección detallada o calificada, evaluación de las estructura existentes y la determinación del tipo de intervención del Puente Punta Arenas, utilizando el formato de inspección del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y la evaluación se hizo usando el manual para evaluación de puentes (The Manual for Bridge Evaluation first Edition/2008 AASHTO) así como de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para Conservación de Carreteras (2007), el Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (DG-2000), las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000, el Manual de Diseño de Puentes (2003), la Directiva para Inspección de Puentes (2005), aprobados por el MTC, que han permitido elaborar una metodología para la evaluación y determinación del tipo de mantenimiento de puentes en la Región San Martín.

Los resultados evidencian a todas luces que es posible lograr, a partir de la correcta aplicación de las teorías, normas, estudios y resultados contundentes, que luego del análisis medurado pueden ser presentados en forma de Metodología definitiva para ser aplicado a puentes en la Región San Martín.

Este estudio de evaluación y determinación del tipo de mantenimiento de puentes en la Región San Martín, se ha realizado específicamente en el Puente Puntas Arenas, en una longitud de: 220 metros colgante + 50.9 m reticulado, que hacen un total de 270.9 mts.

El presente trabajo de Investigación, denominado “PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LAS ESTRUCTURAS Y DETERMINACION DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES EN LA REGION SAN MARTIN”, consta de ocho capítulos:

En el Primer Capítulo se define los aspectos generales del estudio.

En el segundo capítulo se describe las bases teóricas y conceptuales, Objetivos e hipótesis que pretende lograr y demostrar la presente investigación.

El Tercer Capítulo, trata sobre la metodología de la investigación: identificación del sistema de variables

El Cuarto Capítulo, se trata sobre los resultados del presente estudio.

En el Quinto capítulo, trata del análisis y discusión de los resultados.

En el Sexto Capítulo, se describe las conclusiones y recomendaciones a que se llegó con la presente investigación.

En el Séptimo Capítulo, se menciona todas las fuentes de consulta a que se ha referido para poder desarrollar este trabajo, y

En el Capítulo Ocho, se anexa la documentación que se utilizó para desarrollar este proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto como contribución a la sociedad, debido a la problemática de continuidad de servicio de carreteras en nuestra región.

El aporte consiste en elaborar proyecto de tesis **“PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LAS ESTRUCTURAS Y DETERMINACION DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES EN LA REGION SAN MARTIN”** y de esta manera contribuir a que el servicio de carreteras no se paralice por no contar con una metodología de mantenimiento de puentes, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

1.2 EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica, y por tanto, el departamento de San Martín no está ajeno a esta realidad, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde a la dinámica de desarrollo a fin de no quedarnos marginados, social, cultural y económicamente, y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y las carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercaderías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

En el departamento de San Martín, es necesario un plan de Mantenimiento de la red vial tanto en las carreteras de carácter nacional así como las carreteras del sistema departamental y vecinal; para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por la red vial, puedan satisfacer sus

necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen puentes que se encuentran en mal estado de conservación y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

Entendiendo así la trascendental importancia de los puentes en las redes viales de nuestra región y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente y que exista continuidad en el servicio de transporte de pasajeros y carga que genere progreso y bienestar social, se ha elaborado el presente trabajo de tesis, denominado **“PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LAS ESTRUCTURAS Y DETERMINACION DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES EN LA REGION SAN MARTIN”**

1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.3.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO

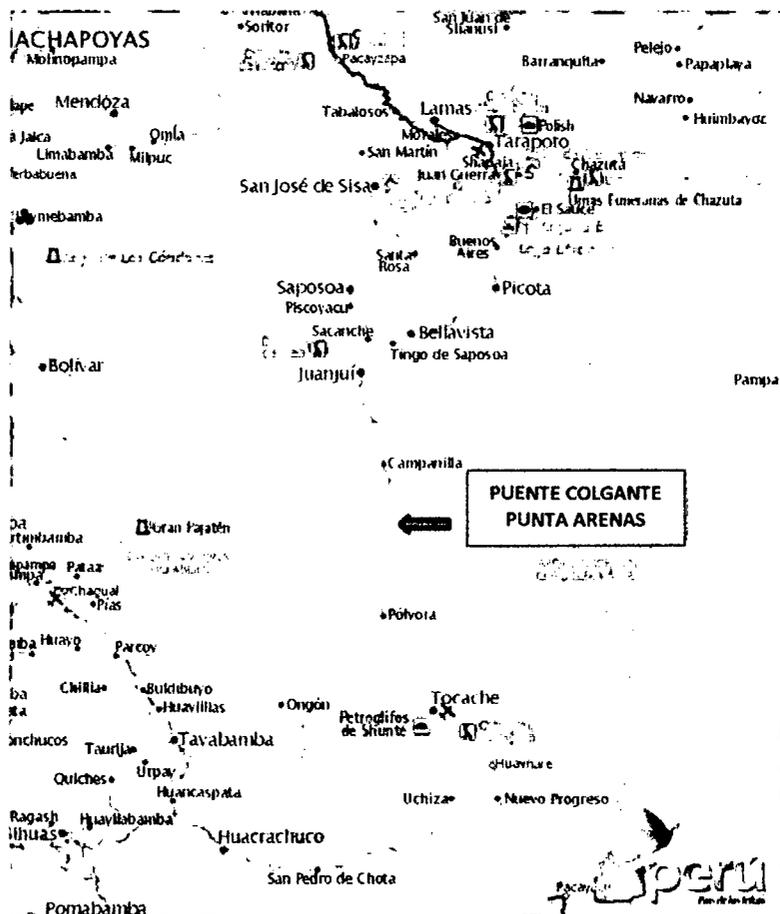
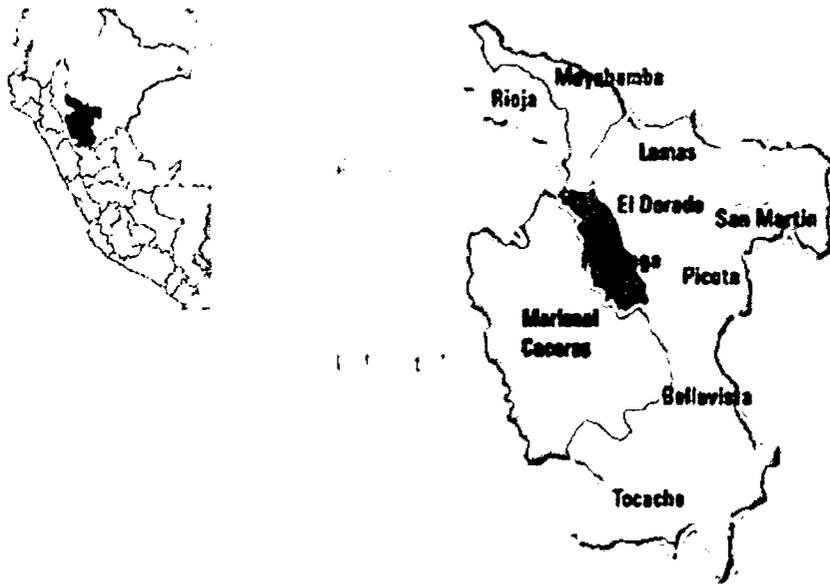
El Puente Punta Arenas se encuentra ubicado en el Distrito de Campanilla de la Provincia de Mariscal Cáceres, en el Departamento de San Martín, a una Altitud de 400 m.s.n.m., en una Latitud Sur de 07° 25' 40" y Longitud Oeste de 76° 39' 55"

El Puente Punta Arenas se encuentra en el Km 717+900 de la Carretera Empalme PE-18A (Dv. Tingo María) – Aucayacu – Nuevo Progreso – Tocache – Juanjuí – Picota – Tarapoto.

1.3.1.2 VIAS DE ACCESO

El acceso al puente Punta Arenas es a través de la Carretera Arq. Fernando Belaunde Terry a través de lo siguiente:

Por vía terrestre: Tarapoto – Bellavista – Juanjuí – Campanilla / Aucayacu – Nuevo Progreso – Tocache – Campanilla



1.3.1.3

ASPECTOS CLIMÁTICOS

Temperatura: Las temperaturas que corresponden en la zona de estudio fluctúan entre 24.8 °C y 26.5 °C; esta temperatura es en general mayor en el sector bajo y va disminuyendo aguas arriba. Los sectores más cálidos están representados por las estaciones de Juanjuí y Tarapoto, donde los promedios anuales más altos de temperatura alcanzan valores de 27.1 °C (Diciembre) y 27.3 °C (Diciembre y Enero) respectivamente, siendo su oscilación media anual muy estrecha, que alcanzan valores entre 1.5 °C y 1.9 °C a lo largo del año.

Precipitación: El promedio de precipitación pluvial total anual característico en la zona de estudio, varía entre 1000 y 1400 mm. En general, las mayores precipitaciones se presentan entre Octubre a veces Septiembre y Abril, siendo siempre Marzo el mes que registra el valor más elevado. El número de días de lluvia a lo largo del año en este tipo de clima, varía entre 88 y 116. El número de días con lluvia al mes, varía entre un mínimo de 6 y un máximo de 13. Finalmente, el promedio anual de precipitación por día de lluvia varía entre un mínimo de 9 mm. y un máximo de 13 mm.; sin embargo los registros de precipitación máxima en 24 horas alcanzan valores que oscilan entre 87 mm. y 170 mm. (Juanjuí).

Humedad Relativa: La humedad relativa promedio anual en la zona de estudio, se encuentra alrededor de 90 %, siendo ligeramente mayor entre Marzo y Agosto; y menor entre Septiembre y Febrero.

Altitud: El área del proyecto se encuentra a una altitud promedio de 400.00 msnm.

Clima: Le corresponde un Clima Semi-Seco y Cálido, sin exceso de agua durante el año y con una concentración térmica de verano.

1.3.1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL PUENTE COLGANTE PUNTA ARENAS

- El puente Punta Arenas es un puente colgante de un tramo con losa de concreto armado apoyada sobre los estribos de concreto armado con cimentación directa y el cable está anclado en la cámara de anclaje.
- En el aspecto de transitabilidad, la estructura no se encuentra bloqueada con tránsito restringido, solo se permite el paso de automóviles, mototaxis y vehículos ligeros.
- Los vehículos pesados cruzan el río Huallaga por medio de balsas cautivas.
- Se aprecian daños en los cables así como en las péndolas por la acción corrosiva generando el deterioro de la gran mayoría de los elementos metálicos.

1.3.1.5 ASPECTOS PRELIMINARES PARA EL ESTUDIO DEL PUENTE COLGANTE PUNTA ARENAS

a) ANTECEDENTES DEL PUENTE

Este puente fue construido en el año 1980, es una estructura de 220 metros del tramo colgante más 55 metros de reticulado haciendo en total 275 mts. Dicho Puente se encuentra ubicado sobre el río Huallaga, habiéndose realizado el último mantenimiento aproximadamente hace 12 Años.

Los cables Principales de éste Puente, fue dinamitado, tanto aguas arriba como aguas abajo, en el punto donde se sumerge dichos cables a la cámara de anclaje con el objeto directo de siniestrarlo, con tan buena suerte que el cable resistió y en esos tiempos procedieron a rebobinarlo con alambre galvanizado con el propósito de evitar que se produzca el destrenzado de los torones o hebras que lo constituyen.

Ante estas circunstancias que son visibles es necesario y urgente hacerse un trabajo de rehabilitación, el año 2008, previa evaluación que debe hacer un experto en corrosión retirando momentáneamente todos los alambres galvanizados del rebobinado.

Durante la inspección realizado, se bombeó el agua que cubría totalmente éstos cables se encontraron lodo con abundante material en descomposición y restos de hebras.

1.3.1.6 ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia de este proyecto de tesis y posterior ejecución, se verán influenciados en su desarrollo, socioeconómico y cultural, la Provincia de Mariscal Cáceres y todos los transportistas que circulan por la vía Tarapoto - Tocache.

1.3.1.7 POBLACIÓN BENEFICIADA

Los beneficiados directos con la ejecución de este proyecto de investigación; son los pobladores de la Provincia de Mariscal Cáceres en un total de 50,884 pobladores según el censo de población Año 2007 (Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)).

CUADRO N° 01; EXTENSION Y POBLACION DE LA PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, SEGÚN CENSO 2007

DISTRITO	SUPERFICIE (Km2)	POBLACION	DENSIDAD POBLACIONAL (HAB/KM2)
Juanjuí	335.20	27,151	80.9
Campanilla	2,249.80	8,028	3.6
Huicungo	9,830.20	6,219	0.6
Pachiza	1,839.50	4,367	2.4
Pajarillo	244.00	5,119	20.9
Total Provincial	14,498.70	50,884	3.5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007.

II MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN, FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER, CARACTERISTICAS SOCIO - ECONOMICAS

2.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los puentes hoy en día marcan un hito en la construcción, ya que le dan continuidad a los caminos, y comunican a los hombres por encima de los cursos de agua. Por lo tanto, el mantenimiento de los mismos tiene que ser así de importante como lo es la estructura de los puentes colgantes.

El mantenimiento y conservación de los puentes colgantes se hace dependiendo de cuál sea la gravedad del asunto, por lo tanto, las inspecciones que se realizan son las rutinarias, principales y especiales, algunas de estas inspecciones dependen una de la otra, y eso lo determina un informe preliminar y detallado, que se debe de hacer por parte de los responsables que están a cargo éstas.

En las inspecciones rutinarias tenemos: limpiezas de pavimentos, barreras de seguridad etc., las cuales deben de ser hechas por personas no tan especializadas, ya que no se necesita de gran detalle para realizarlas. Las inspecciones principales son: recolocación o recalce en apoyos, tratamiento de estructuras, juntas de dilatación entre otras y las inspecciones especiales, son aquellas que dependen de un informe realizado por personas que realizaron el mantenimiento durante la etapa de inspecciones principales, ya que son más importantes, debido a que las estructuras deterioradas provocan el colapso de los puentes colgantes, entre estas tenemos: cauce, encamisado de pilas, entre otras.

Tanto las inspecciones especiales como las principales, depende de personas especializadas como son ingenieros estructurales, los cuales dan solución viables y factibles a los problemas ocurridos por el mal manejo en el mantenimiento de la estructura.

Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socioeconómico del país.

En un contexto geográfico como el peruano, con una parte de su población ubicada en áreas rurales, las carreteras toman importancia para la integración e interconexión del país. Por esta razón, entre otras, es muy importante que el sistema nacional de carreteras permanezca en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro.

En muchos casos, los puentes colgantes son el componente más vulnerable de una carretera y, aplicando una metáfora, una cadena no está más fuerte que su eslabón más débil; los puentes frecuentemente son los elementos que influyen en que la continuidad del servicio de transporte se efectúe en forma permanente y segura, favoreciendo en general un apropiado funcionamiento del Sistema Nacional de Carreteras del país.

2.1.2 Definición del Problema

Las fallas que experimentan los puentes colgantes, que son los elementos que demandan la mayor inversión por unidad de longitud de camino, requieren de reparaciones que muchas veces resultan técnicamente complejas y que interfieren el tránsito usuario por períodos prolongados.

La puesta en servicio de un puente colgante conlleva a respuestas del orden estructural en el tiempo, son agentes internos y externos quienes definen la vida útil de este, bajo este contexto es necesario plantearnos una metodología lógica y científica que permita evaluar las condiciones finales de servicio de un Puente Colgante.

Las condiciones señaladas son suficientes para caracterizar el mantenimiento de estas obras como una de las labores fundamentales en la administración de una red vial. Ello implica una inspección regular y acuciosa para detectar falencias y programar oportunamente las correcciones y mantenimientos necesarios.

Las tareas de mantenimiento son todas aquellas actividades que se requieren realizar para que la vía o el puente se mantengan en un nivel de servicio adecuado. Existen tres tipos de mantenimiento: mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico y mantenimiento emergente. Por sus características, las actividades correspondientes a los dos primeros pueden ser programadas mientras que las actividades correspondientes al mantenimiento emergente, solamente se ejecutan cuando se ha presentado la emergencia.

2.1.3 Formulación del Problema

Con el fin de estudiar de manera objetiva los trabajos necesarios en el mantenimiento, nos hacemos la siguiente interrogante: ***¿De qué manera podremos elaborar una metodología para la evaluación de las estructuras y determinación del tipo de mantenimiento de los puentes colgantes de la Región San Martín?***

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Elaborar una metodología para la evaluación de la estructura y determinación del tipo de mantenimiento de los puentes colgantes, con aplicación al puente colgante Punta Arenas en la Región San Martín.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer el protocolo de evaluación estructural del Puente Colgante Punta Arenas.
- Describir de manera ordenada las pautas que se deben realizar para la inspección apropiada de los componentes del Puente Colgante.
- Determinar condiciones básicas para el proceso de mantenimiento del Puente Colgante Punta Arenas.

2.3 Justificación de la Investigación

El mantenimiento de Puentes Colgantes es una de las actividades más importantes para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones del servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

La falta de mantenimiento adecuado en los puentes da lugar a problemas de funcionalidad y seguridad que pueden ser graves: limitación de carga, restricciones de paso, riesgo de accidentes, riesgos de interrupciones de la red, y aún importantes problemas económicos por el acortamiento de la vida útil de las obras.

La justificación es **teórica**, por cuanto la revisión de literatura especializada nos permite reconocer los parámetros que fueron considerados en la fundamentación teórica del diseño y que requiere mantenerse a lo largo de la vida útil de la estructura.

La justificación **metodológica** está presente ya que por no contar con información detallada para describir los procedimientos y métodos para realizar el mantenimiento de puentes colgantes y evaluar su deterioro, es necesario recopilar información durante la inspección para programar el mantenimiento oportuno, de su calidad dependerá el buen funcionamiento de los puentes colgantes y una evaluación precisa y completa es esencial para mantener en servicio una red vial confiable. Con el fin de que la información anterior sea la correcta, se debe contar con un grupo de inspectores calificados que comprendan todos los conceptos y responsabilidades.

Generalmente los Puentes Colgantes presentan diversos daños, tales como degradación en la fundación y en estribos, fisuras en la losa, socavación, barandales dañados, corrosión, deflexiones, desgaste en la superficie de rodamiento, etc. Todo esto como consecuencia del incremento de cargas rodantes, cuyos efectos son agravados por el deterioro que causan los elementos ambientales y fenómenos naturales al no existir programas de mantenimiento. En la práctica significa que debe disponerse los recursos para su atención, por tanto la justificación de **viabilidad** está presente.

Los trabajos de mantenimiento de puentes a nivel de país y región son actividades que deben ser programadas por el Sector Transportes y por ende deben constituir políticas sectoriales ya que los activos que corresponden a este tipo de estructuras especiales en la red vial del país nos ponen de manifiesto su justificación **práctica**, por su condición de ser replicable en distintos lugares que lo requieran.

Importancia: Es importante que se corrijan a tiempo los daños en los puentes colgantes, ya que cualquier falla en su estructura representa mayor inversión para su reparación, así como disminuir el bienestar de las comunidades y futuras generaciones. Debido a la necesidad de disponer de una guía para dar mantenimiento a los puentes colgantes ubicados en la Región San Martín, se plantea una Metodología que facilite el proceso de Evaluación de los puentes colgantes.

2.4 Limitaciones

En todo lugar, ya sea en el área urbana o rural, es necesaria la implementación de vías de comunicación o vías de acceso, ya que estas representan el desarrollo de un país, tanto a nivel socio económico, cultural, educativo, como para el bienestar de sus habitantes.

No se cuenta con información actualizada de las evaluaciones rutinarias practicadas a los Puentes Colgantes en la Región San Martín; sin embargo, este trabajo se desarrollará para aplicarlo específicamente al puente Punta Arenas ubicado en la provincia de Mariscal Cáceres de la Región San Martín.

2.5 Marco Teórico y Conceptual

2.5.1. Marco teórico

2.5.1.1 Antecedentes de la Investigación

El **Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)**¹, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, aprobó “Guía para la Inspección de Puentes” con Resolución Directoral N° 012-2006-MTC/14 del 14/03/2006, en adelante la **Guía** y mediante la Directiva N° 01-2006-MTC/14, en el cual se basan, para realizar todos los mantenimientos de los diversos tipos de puentes.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín no existen estudios realizados sobre este tipo de investigación. Sin embargo, se han desarrollado trabajos sobre diseño de puentes en el que intervienen elementos metálicos, sobre los cuales existen recomendaciones:

Bravo Morales, José Luis², desarrolló su trabajo denominado “Diseño de la Superestructura del puente sobre la quebrada Ahuashiyacu tipo sección compuesta”, en el cual recomienda que el acero estructural utilizado en la construcción de puentes compuestos es propenso a los efectos nocivos de parte de los agentes atmosféricos (corrosión), es necesario que se le brinde un mantenimiento adecuado y periódico, con la finalidad de que la estructura conserve sus propiedades físicas y mecánicas.

Paredes Lazo, Genaro³ desarrolló su trabajo denominado “Diseño y Construcción de Puente Peatonal Colgante Ucrania”, en el cual recomienda al comité de Operación y Mantenimiento el cuidado de los cables, engrasarlo periódicamente para evitar la oxidación del material, también se tiene que tener bastante cuidado en el cáncamo, el mismo que deberá permanecer bien engrasado.

Hidalgo Lecca, Wiler Javier⁴, desarrolló su trabajo denominado “Construcción Puente Shitariyacu”, en el cual recomienda que siendo el acero estructural un material propenso a efectos nocivos de agentes atmosféricos y otros, se recomienda brindarle a la estructura metálica un mantenimiento periódico, con la finalidad de que sus elementos mantengan sus propiedades físico mecánicas.

¹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Guía Para la Inspección de Puentes. Año 2006.

² Bravo Morales, José Luis, “Diseño de la Superestructura del Puente sobre la quebrada Ahuashiyacu Tipo Sección Compuesta, pág. 227.

³ Paredes Lazo, Genaro, “Diseño y Construcción de Puente Peatonal Colgante Ucrania, pág. 116.

⁴ Hidalgo Lecca, Wiler Javier, “Construcción Puente Shitariyacu”, pág. 82.

Saavedra Paredes, Henry⁵, desarrolló su trabajo denominado “ Puente Colgante Vehicular Nangao”, en el cual recomienda que por ser el tablero de madera, se recomienda cada año realizar el mantenimiento preventivo con preservantes (Creasota), por inmersión o aplicación directa con brocha, de todas las partes componentes del tablero (viguetas, largueros y tablones), reajustar periódicamente los pernos de las barandas y péndolas.

2.5.2 Bases Teóricas

Antes de proceder con las metodologías de reparación de mantenimiento rutinario y preventivo, se describirán éstos conceptos y se detallará a través de los formatos para los diferentes elementos que integran un puente colgante y los daños que contempla cada uno de ellos a tratar en éste capítulo, así como las actividades que caen dentro de mantenimiento rutinario y preventivo.

CLASIFICACIÓN DE PUENTES COLGANTES

Los tipos más comunes de puentes colgantes son:

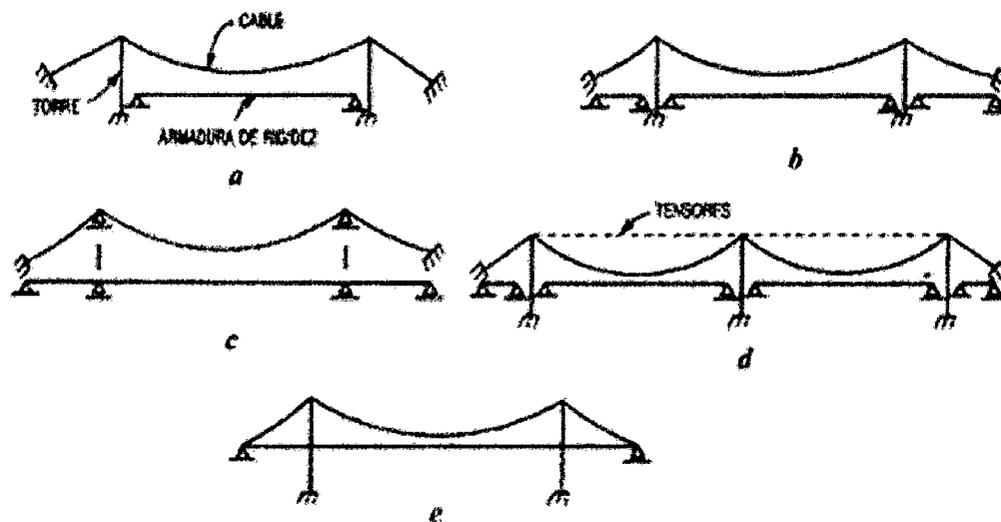


Figura 01: (a) Una luz colgante, con armadura de rigidez de extremos articulados. (b) Tres luces colgantes con armaduras de rigidez de extremos articulados, (c) Tres luces colgantes con armadura de rigidez continua, (d) Puente de varias luces con armaduras de rigidez de extremos articulados, (e) Puente colgante auto anclado.

⁵ Saavedra Paredes, Henry, “Diseño Puente Colgante vehicular Nangao”. pág. 81.

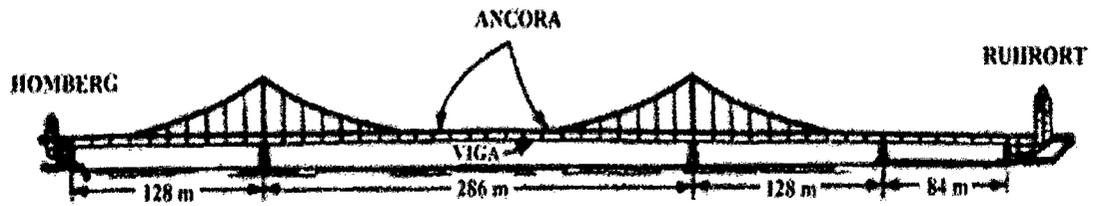


Figura 02: Puente tipo cuerda de brida sobre el Rhin en Ruhrort-Homberg, Alemania.

TIPOS DE MIEMBROS Y APOYOS ESTRUCTURALES

Una estructura reticular está compuesta de miembros unidos entre sí por medio de conexiones. Un miembro puede ser un perfil laminado o bien estar formado por varios perfiles unidos por soldadura, remaches o tornillos.

Miembros estructurales

Los miembros pueden transmitir cuatro tipos fundamentales de cargas y se los clasifica de acuerdo con ellas:

Tensores

Transmiten cargas de tensión.

Columnas

Transmiten cargas de compresión.

Trabes o vigas

Transmiten cargas transversales.

Ejes o flechas

Transmiten cargas de torsión. En la práctica, la mayoría de los miembros transmiten una combinación de flexión, torsión y tensión o compresión axial. En los puentes, frecuentemente cuando los miembros están sometidos a la acción de cargas combinadas, una de ellas es más importante y gobierna el diseño.

Apoyos estructurales

Hay tres tipos de apoyos ideales. En la mayor parte de las situaciones, las condiciones de apoyo de la estructura pueden describirse por una de estas tres, las cuales son:

Apoyos de rodillos.

El movimiento horizontal y la rotación no están restringidos, pero el movimiento vertical si lo está.

Apoyos articulados o de pasador.

Los movimientos horizontal y vertical están restringidos, pero la rotación no lo está.

Apoyo empotrado.

No es posible la translación ni la rotación.

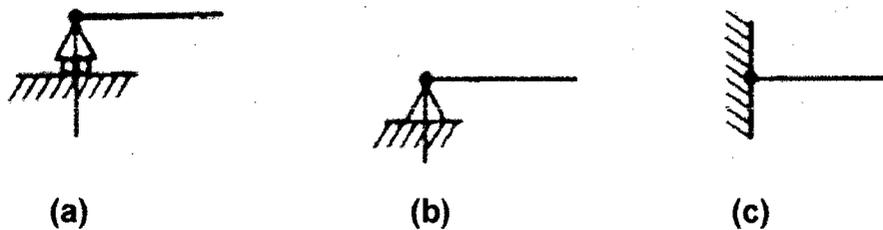


Figura 03: Tipos de apoyos: (a) De rodillos, (b) Articulado, (c) Empotrado.

La elección de los miembros y apoyos que deben emplearse en estructuras convencionales es una operación de rutina para el diseñador de puentes colgantes, por esta razón, es fundamental lograr una perfecta comprensión de las funciones de estos elementos.

ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR PARA PUENTES COLGANTES⁶

La construcción de puentes colgantes implica la intervención de propietarios, diseñadores, fabricantes y constructores.

En primer lugar, propietarios y diseñadores deben llegar a un acuerdo en cuanto a los requerimientos generales del proyecto, basados en ellos, los diseñadores preparan los planos y las especificaciones que describen el proyecto en detalle.

Estos planos y especificaciones sirven a fabricantes y constructores para construir la estructura, en este proceso, las especificaciones juegan un papel fundamental ya

⁶ BROCKENBROUGH ROGER MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero Ed. Mc Graw Hill, Colombia 1997, 2da edición Tomo 1 pag.32.

que se definen normas de calidad aceptables para los materiales y la mano de obra, tanto para la fabricación como para el montaje. Se utilizan tres tipos de especificaciones:

1. Especificaciones de proyecto.⁷
2. Especificaciones de materiales.⁸
3. Especificaciones de diseño.⁹

Especificaciones de proyecto

- Junto con los planos, se suministra a los fabricantes y proveedores de servicios información completa referente a los requisitos precisos establecidos por el propietario y el ingeniero para la estructura terminada, por lo tanto, su exactitud, alcance y claridad son de gran importancia.

Especificaciones de materiales

- Son establecidas en los Estados Unidos principalmente por la Sociedad Americana para Ensayos de Materiales o ASTM por sus siglas en Inglés. En casos especiales por la Asociación Americana de Normas o ASA.

Especificaciones de diseño

- Son preparados en los Estados Unidos por el Instituto Americano de la Construcción en Acero o AISC (por sus siglas en Inglés).
- Por la Sociedad Americana de Soldadura o AWS (por sus siglas en Inglés).
- Por el Instituto Americano del Hierro y del Acero o AISI (por sus siglas en Inglés).
- Por el Instituto de Vigas de Acero de Celosía o SJI (por sus siglas en Inglés).
- En cuanto a puentes, las especificaciones más ampliamente reconocidas son las de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales o AASHTO (por sus siglas en inglés).

⁷ BROCKENBROUGH ROGER MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero Ed. Mc Graw Hill, Colombia 1997, 2da edición Tomo 1 pag.32

⁸ BROCKENBROUGH ROGER MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero Ed. Mc Graw Hill, Colombia 1997, 2da edición Tomo 1 pag.33

⁹ BROCKENBROUGH ROGER MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero Ed. Mc Graw Hill, Colombia 1997, 2da edición Tomo 1 pag.33

- Por la Oficina de Carreteras Públicas de los Estados Unidos o USBPR (por sus siglas en Inglés).
- Por la Asociación Americana de Ingeniería de los Ferrocarriles o AREA (por sus siglas en Inglés).

SEGURIDAD EN LOS PUENTES COLGANTES¹⁰

La seguridad y capacidad de servicio constituyen las dos exigencias fundamentales en las estructura. Para que la estructura sea segura, debe tener resistencia y ductilidad adecuadas cuando resiste cargas extremas ocasionales.

La seguridad de las estructuras depende de un gran número de factores tales como son:

- Tipo de estructura.
- Resistencia del material de protección contra el fuego.
- Durabilidad.
- Detalles de construcción.
- Probabilidad de falla de los miembros estructurales y conexiones.
- Métodos de inspección para el control de calidad.
- Cantidad y tipo de supervisión.

COLAPSO DE PUENTES COLGANTES

El término falla no siempre significa colapso total. Las deformaciones excesivas de la estructura impiden a menudo su funcionamiento adecuado y constituyen una falla tan seria como el colapso.

El colapso o ruptura de la estructura tiene lugar cuando ocurren fallas de algunos miembros principales por:

- Conexiones desplazadas (cortante).
- Arrancamiento (tensión).
- Pandeo o aplastamiento.
- Acción de cargas severas de impacto o explosión.
- Fatiga después de un gran número de inversiones de esfuerzos.

¹⁰ BRESLER BORIS, LIN T, SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Limusa, México, 1997, 2º edición, pag. 29

- Pandeo de los miembros principales.

DEFORMACIONES EN PUENTES COLGANTES

Las deformaciones excesivas se presentan bajo condiciones de:

- Sobrecarga excesiva mantenida durante largo tiempo.
- Muchos impactos moderados provenientes de la fluencia exagerada del material en tensión o en compresión, o por pandeo en compresión.
- Resonancia.

Algunas deformaciones locales pueden ser, en ocasiones, lo suficientemente serias como para clasificarse como fallas estructurales, aunque frecuentemente la resistencia última de la estructura no se ve reducida en forma importante por estas deformaciones locales.

CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE UN PUENTE COLGANTE¹¹

Las cargas son fuerzas que actúan sobre la estructura, típicamente se dividen en dos clases generales:

Carga muerta

Es el peso de la estructura, incluyendo todos los componentes permanentes.

Carga viva

Las cargas vivas son ocasionadas por los vehículos de transporte que originan efectos de:

- Tracción.
- Compresión.
- Flexión.
- Torsión.
- Corte o cizallamiento.

¹¹ BRESLER BORIS, LIN T, SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Limusa, México, 1997, 2º edición, pag. 32

El tipo de carga tiene una influencia considerable sobre el comportamiento de la estructura en la cual actúa, de acuerdo con esta influencia, las cargas se la clasifica en:

Cargas estáticas

Son aquellas que se aplican tan lentamente que el efecto del tiempo puede ignorarse, como por ejemplo su propio peso. Muchas cargas por conveniencia se aproximan a cargas estáticas como son las cargas de ocupación y de viento.

Cargas dinámicas

Se caracterizan por duraciones muy cortas y la respuesta de la estructura depende del tiempo. Los movimientos sísmicos, las ráfagas de viento de alto nivel y las cargas vivas móviles pertenecen a esta categoría.

Cargas de larga duración

Son las que actúan sobre una estructura por extensos periodos. Para algunos materiales, dichas cargas ocasionan que las estructuras sufran deformaciones bajo carga constante que pueden tener efectos graves. El peso de la estructura y cualquier carga muerta superpuesta, pertenece a esta categoría.

Cargas repetidas

Son aquellas que se aplican y se remueven varias veces. Si se repiten gran cantidad de veces, pueden hacer que la estructura falle por fatiga. Las cargas vivas móviles pertenecen a esta categoría.

Cargas térmicas

Se debe tener en cuenta que las variaciones de temperatura, del medio en el que está el puente, generan esfuerzos y movimientos que afectan a la estructura.

Para estructuras de acero, los extremos anticipados de temperatura son:

- **Clima moderado.**
De 32 °C a 48 °C.
- **Clima frío.**
De -22 °C a 32 °C.

Cargas longitudinales

Los tableros de la calzada están sometidos a fuerzas de frenado, que transmiten a los miembros de soporte.

EFFECTOS ADICIONALES SOBRE UN PUENTE COLGANTE

Muchas fuerzas trabajan sobre los puentes colgantes. Estas fuerzas generan ciertos efectos específicos que son especificados en el diseño del puente, tales como:

Pandeo

Es un efecto que se da en los elementos esbeltos que están sometidos a compresión, este efecto puede hacer que la estructura colapse totalmente.

Torsor

Los puentes colgantes son más susceptibles a los efectos de la torsión debido a que su estructura está suspendida de un par de cables, especialmente en lugares donde las velocidades de los vientos son considerables.

Resonancia

La resonancia es un fenómeno que se presenta en todos los puentes y si no es analizada correctamente puede causar muchos problemas. La resonancia se presenta como una vibración causada por una fuerza externa, la cual entra en armonía con la vibración natural del puente. Las vibraciones viajan a través del puente en forma de ondas.

La solución es generar suficiente fricción para cambiar la frecuencia de las ondas de resonancia, cambiando las ondas efectivamente, se crean dos ondas diferentes, ninguna de las cuales puede tornar a la otra en una fuerza destructiva.

Otros efectos

El clima es lo más difícil de combatir, la lluvia, viento y ambientes salinos pueden ocasionar daños en el puente, si estos se combinan, pueden ser aún más perjudiciales. Para realizar nuevos diseños, los diseñadores de puentes han

aprendido de las fallas del pasado. La madera ha sido reemplazada por el hierro y el acero ha reemplazado al hierro. El concreto pretensionado es usado en muchas carreteras de puentes.

CABLES DE ACERO EN PUENTES COLGANTES

La palabra cable por lo general se usa en sentido genérico para indicar un miembro flexible solicitado a tensión. El cable de acero está conformado por torones hechos de alambres de acero, colocados de varias formas y ordenadamente con la finalidad de desempeñar un trabajo determinado.

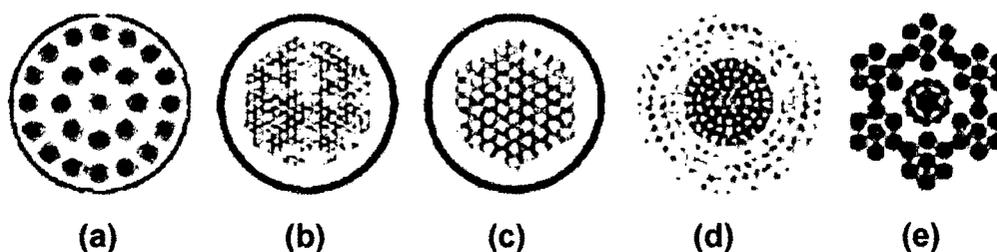


Figura 04: Secciones transversales de cables: (a) Barras paralelas, (b) Alambres paralelos, (c) Torones paralelos, (d) Torones enrollados con trabas, helicoidalmente (e) Cordeles.

ALAMBRE

Una sola longitud metálica producida de una varilla mediante trefilado en frío.

TORÓN ESTRUCTURAL O HELICOIDAL (EXCEPTO EL TORÓN DE ALAMBRES PARALELOS)

Alambres enrollados helicoidalmente alrededor de un alambre central para producir una sección simétrica.



Figura 05: Torón estructural y su sección transversal.

CABLE ESTRUCTURAL

Varios torones enrollados helicoidalmente alrededor de un núcleo formado por un torón u otro cable.



Figura 06: Cable Estructural

2.5.2.1 Diseño de Estructuras de Acero

McCormac¹² nos indica que *“la hipótesis acerca de la perfección del acero, posiblemente el más versátil de los materiales estructurales, parece más razonable al considerar su gran resistencia, poco peso, fabricación sencilla, y muchas otras propiedades deseables”*.

McCormac¹³ sigue indicando *“las ventajas del acero estructural como son: alta resistencia, uniformidad, elasticidad, durabilidad, ductilidad, ampliación de estructuras existentes, adaptación a prefabricados, rapidez de montaje, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga, posible reutilización después de que la estructura se desmonte y valor de rescate, aun cuando no pueda usarse sino como chatarra”*. Agrega además, *“que el acero tiene las siguientes desventajas: costo de mantenimiento, costo de protección contra incendio y susceptibilidad al pandeo”*.

2.5.2.2 Conceptos sobre fallas de Estructuras en Ingeniería:

McCormac¹⁴ nos señala que *“posiblemente el estudio de las fallas en el pasado es más importante que el de los éxitos. Se supone que Benjamín Franklin hizo la*

¹² McCormac, Jack C., Diseño de Estructuras Metálicas, pág. 1.

¹³ McCormac, Jack C., Diseño de Estructuras Metálicas, pág. 2.

¹⁴ McCormac, Jack C., Diseño de Estructuras Metálicas, pág. 7.

observación de que “un hombre sabio aprende más de los fracasos que de los éxitos”. El diseñador de poca experiencia, necesita particularmente conocer en donde debe fijar mayor atención y cuando necesita tomar consejo”.

Para **McCormac**¹⁵, “la mayoría de los diseñadores, experimentados o no, seleccionan elementos de suficiente tamaño y resistencia. El aplastamiento de las estructuras se debe normalmente a que se puso poca atención en los detalles de conexiones, deflexiones, problemas de montaje y al estado de la cimentación. Raramente, si sucede, las estructuras de acero fallan debido a defectos en el material; pero si es frecuente debido a uso inapropiado, o a falta de control”. Agrega, además, que “un defecto frecuente y ostensible de los diseñadores es que después de diseñar con todo cuidado los elementos de una estructura, no seleccionan con el mismo cuidado las conexiones, que pueden ser, o no, del tamaño adecuado. Puede aún dejar el trabajo de selección de conexiones a los dibujantes, los cuales podrán no contar con suficiente experiencia para entender las dificultades que pueden presentarse en el diseño de las mismas. Quizás el error más común, en el diseño de conexiones, es despreciar algunas de las fuerzas que actúan sobre ellas, tales como los momentos de torsión”. Aclara que, “en una armadura cuyos miembros han sido diseñados para fuerzas axiales solamente, las conexiones pueden estar cargadas excéntricamente, lo que dará momentos que ocasionen incrementos de esfuerzos. Estos esfuerzos secundarios son ocasionalmente tan grandes que deben ser considerados en el diseño”.

Para **Molina Menache Samuel y Otros**¹⁶, “la Corrosión es una degradación del material por ataque químico que se presenta en diversas formas galvánica (por el contacto de dos metales diferentes), picaduras, exfoliación, ataque inter-granular, o en combinación con la concentración de esfuerzos. Es un proceso altamente ligado con el tiempo que depende de las características del material y del medio ambiente”.

¹⁵ McCormac, Jack C., Diseño de Estructuras Metálicas, pág. 8.

¹⁶ Molina Menache, Samuel, Salgado Estrada, Rolando, Zamora Castro, Sergio y Lagunes Lagunes, Elsa, “Detección de Daños en puentes mediante un modelo experimental, pág. 3.

Para **Molina Menache Samuel y Otros**¹²¹⁷, “se puede definir al término de detección de daños en puentes como el conjunto de operaciones y trabajos necesarios para que un puente se mantenga con las características funcionales, resistentes, de confort (que los usuarios se sientan seguros al cruzarlo) e incluso las características estéticas con las que fue proyectado y construido, y se puede dividir este conjunto de operaciones y trabajos en evaluación y deyección”.

2.5.2.3 Partes de un Puente Colgante

De **León García**¹⁸ indica que “las partes de un puente colgante son las siguientes: a. sistema de piso (comprende lo que son las vigas transversales o principales, las vigas longitudinales o largueros y la superficie de rodadura; b. péndolas; c. cables; d. sistema de rigidez (el sistema de rigidez comprende lo que es la armadura); e. flecha; f. torres; g. anclajes; h. contraflecha”.

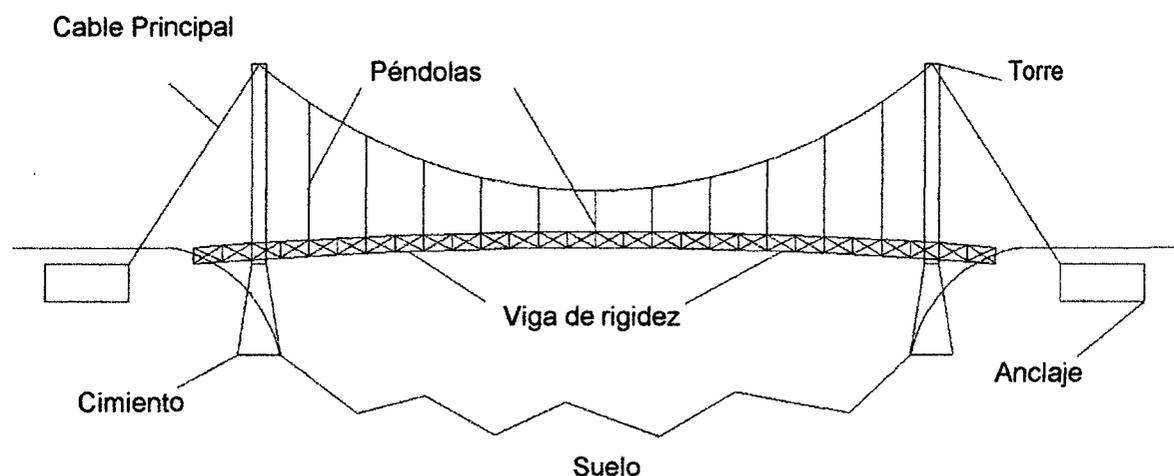


Figura 07: Partes de un puente colgante

2.5.2.4 Inspección de Puentes

La **Guía para Inspección de Puentes**¹⁹, en adelante La Guía, establece que “se entiende por inspección al conjunto de acciones de gabinete y campo desde recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto,

^{17 12} Molina Menache, Samuel, Salgado Estrada, Rolando, Zamora Castro, Sergio y Lagunes Lagunes, Elsa, “Detección de Daños en puentes mediante un modelo experimental, pág. 3.

¹⁸ De León García, Luz Marina, Propuesta del Diseño, Ejecución y Mantenimiento del Puente Peatonal Colgante, sobre el Río Pampoch, uniendo la Aldea Pasau con el Municipio de Cubulco; Departamento de Baja Verapaz, Tesis Profesional, pág. 10.

¹⁹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Guía Para la Inspección de Puentes, pág. 7.

planos post construcción, inspecciones previas, etc.) hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado en un instante dado”. Agrega, que “la inspección de un puente tiene dos objetivos, asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura, y detectar las deficiencias existentes, recomendando las acciones para corregirlas. Una es inspección de seguridad y la otra para mantenimiento del puente”.

La Guía²⁰ también indica que “los tipos de inspección son: a) inspección inicial (de inventario); b) inspección rutinaria (periódica); c) inspección de daños; y d) inspección especial”. Asimismo que “el rol del ingeniero Inspector es el de proveer información amplia y detallada son el estado del puente, como resultado de la inspección, documentando sus condiciones y deficiencias, alertando sobre los riesgos que sus hallazgos tengan en la seguridad del usuario y la integridad de las estructuras, debiendo estar constantemente alerta para que los pequeños problemas no se conviertan en costosas reparaciones”.

Asimismo, **la Guía**²¹ indica que “los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año, por parte del personal adiestrado específicamente para la identificación y evaluación de daños. Los componentes sumergidos deben ser inspeccionados cada tres (3) años con personal especializado. La época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilite el acceso bajo las obras y se observe los indicios de socavación, que es causa principal del colapso del puente. En casos extraordinarios se deberá disponer de Inspecciones Especiales”. La inspección será visual y física, existiendo otras técnicas avanzadas (destructivas y no destructivas) para inspección específicas de concreto, acero y madera.

2.5.2.5 Ejecución de la Inspección

Según **la Guía**²², “la inspección visual nos permite determinar el agrietamiento, corrosión, las deformaciones y las flechas en las estructuras del puente. La cual debe complementarse con una auscultación mediante métodos topográficos,

²⁰ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Guía Para la Inspección de Puentes, pág. 7.

²¹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Guía Para la Inspección de Puentes, pág. 8.

²² Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Guía Para la Inspección de Puentes, pág. 17.

magnéticos, eléctricos y químicos para determinar corrimientos, posiciones de armadura y acercarse a la determinación del grado de corrosión de las armaduras. Los diferentes elementos a ser inspeccionados serán agrupados en tres grandes divisiones: a) cimentaciones; b) superestructura, y, c) dispositivos básicos de protección”.

2.5.2.6 Identificación de Puentes en situación Crítica

Para la Guía²³, “cuando el Ingeniero Inspector identifique que un puente se encuentra en Situación Crítica deberá solicitar una Inspección Especial. Esta será efectuada por un conjunto de especialistas, de los cuales por lo menos uno de ellos será ingeniero civil especialista en estructuras. La Inspección Especial se realizará por personal altamente calificado y tendrá por objeto el recabar los datos necesarios para la toma de las acciones correctivas. En las actividades a realizar, se incluyen, el levantamiento geométrico de la estructura, extensión de los daños y la realización de diversos estudios que permitan determinar la causa y mecanismos de propagación de los daños”.

2.5.2.7 Mantenimiento de Puentes Colgantes con Estructuras de Acero

Garcés Unda y Zaldumbide Araujo²⁴ en su trabajo de grado indican que “el objetivo de la implantación y aplicación del Mantenimiento de Puentes Colgantes con Estructuras de Acero, es la de desarrollar la vida útil del puente e inclusive repotenciarlo, además obtener bajas pérdidas, pocas paradas y cero accidentes”.

2.5.2.8 Colapso de Estructuras de Acero

Para Garcés Unda y Zaldumbide Araujo²⁵, “el termino falla no siempre significa colapso total. Las deformaciones excesivas de la estructura impiden a menudo su funcionamiento adecuado y constituyen una falla tan seria como el colapso. El colapso o ruptura de la estructura tiene lugar cuando ocurren fallas de algunos

²³ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Guía Para la Inspección de Puentes, pág. 27.

²⁴ Garcés Unda, David Esteban y Zaldumbide Araujo, Jorge Humberto, Mantenimiento de Puentes Colgantes con Estructuras de Acero, pág. 4.

²⁵ Garcés Unda, David Esteban y Zaldumbide Araujo, Jorge Humberto, Mantenimiento de Puentes Colgantes con Estructuras de Acero, pág. 21.

miembros principales por: conexiones desplazadas (cortante), arrancamiento (tensión), pandeo o aplastamiento, acción de cargas severas de impacto o explosión, fatiga después de un gran número de inversiones de esfuerzos, pandeo de los miembros principales”.

2.5.2.9 Mantenimiento Rutinario

Según el **Ministerio de Transportes**²⁶, *“son actividades que se realizan permanentemente en los puentes y que se realizan por lo menos una vez al mes”.*

Su objetivo es la conservación y preservación de todos los componentes principales del puente, lo cual asegura su adecuado funcionamiento y la identificación de posibles daños mayores que deben solucionarse con obras de mantenimiento periódico o de rehabilitación.

2.5.2.10 Mantenimiento Preventivo

Para el **Ministerio de Transportes**²⁷, *“son actividades que se realizan al menos cada seis meses, cuando los materiales de los elementos estructurales comienzan a presentar algún tipo de deterioro”.*

La inspección de una estructura consiste en examinar cuidadosamente cada uno de los elementos que la forman, para determinar su funcionamiento o la presencia de defectos debidos al deterioro normal o cualquier causa extraordinaria.

Las inspecciones deben efectuarse con la frecuencia necesaria para permitir que el mantenimiento se ejecute oportunamente.

De acuerdo a la frecuencia con que deben efectuarse las inspecciones se clasifican en:

²⁶ Ministerio de Transportes, “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado), pág. 106.

²⁷ Ministerio de Transportes, “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado), pág. 106.

2.5.2.11 Inspecciones Periódicas:

El **Ministerio de Transportes**²⁸ recomienda que *“los puentes y obras afines deben ser inspeccionados por lo menos dos veces cada año”*.

2.5.2.12 Inspecciones Especiales:

Para el **Ministerio de Transportes**²⁹, *“todas las estructuras deben ser inspeccionadas, tan pronto como sea posible, después de estar sometida a la acción de: grandes crecidas de los ríos, incendios, sismos o cualquier otro hecho que tienda a poner en peligro el buen comportamiento de las estructuras”*.

2.5.2.13 Aspectos que deben cubrir una inspección:

El **Ministerio de Transportes**³⁰ indica que la inspección de una estructura debe abarcar los siguientes aspectos:

➤ **Respecto al lugar:**

- a. La posible alteración del cauce del río, especialmente aguas arriba de la estructura,
- b. La limpieza del cauce; que no existan rocas, troncos o islotes de arena o grava, que representen un obstáculo a la libre circulación de las aguas.
- c. El nivel alcanzado por las aguas durante las crecidas.
- d. Las condiciones de acceso.
- e. Riesgos de maleza, etc.

➤ **Respecto al tipo de materiales que componen la estructura:**

- a. Presenta grietas o rajaduras en el concreto.
- b. La reducción o falta de recubrimiento del refuerzo y la corrosión del mismo.

²⁸ Ministerio de Transportes, “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado), pág. 107.

²⁹ Ministerio de Transportes, “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado), pág. 107.

³⁰ Ministerio de Transportes, “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado), pág. 110.

- c. La existencia de roturas o alabeos en los miembros del acero estructural.
- d. La existencia de remaches o pernos sueltos u oxidados, o la ausencia de los miembros del acero estructural.
- e. La presencia de la hendidura, rajaduras, putrefacción o daños causados por insectos en los miembros de la madera.
- f. Condiciones de las uniones en las piezas de madera.

➤ **Respecto a los elementos estructurales:**

- a. Evidencia de asentamientos, deslizamientos, ladeos o socavación en los cimientos y torres.
- b. Estado y efectividad de los apoyos.
- c. Estado y limpieza.
- d. Estado de los barandales.
- e. Flojedad o vibraciones indebidas de los miembros de armaduras de acero o madera.
- f. Estado de funcionalidad de todos y cada uno de los miembros de la estructura.

El presente trabajo se fundamenta en las diversas condiciones estructurales del puente colgante Punta Arenas, actualmente en servicio; así como los tipos de mantenimiento que un puente colgante será sometido de acuerdo a las condiciones de exposición como también tendrá como base las condiciones teóricas de fabricación y/o construcciones de un puente colgante.

2.5.2.14 Inspección para cables y Puentes

Según www.puretechltd.com³¹, *“la corrosión de los cables o cuerdas no siempre es evidente en la inspección visual, debido a que a menudo se origina la corrosión en el interior del cable. Otras técnicas no destructivas se han utilizado para la inspección de los cables de puente, tales como fugas de flujo magnético, análisis*

³¹ www.puretechltd.com>inicio>soluciones>Puentes, fecha de actualización 06/08/11, fecha de visita 20/12/14

dinámico, o de rayos X. Sin embargo, todas estas técnicas se basan en grandes equipos o no proporcionan resultados concluyentes”.

2.5.3 Marco Conceptual: Definición de Términos Básicos

Acceso

Entrada o paso al puente

Acero

Aleación de hierro y carbono conteniendo menos de un 1,7 % de carbono, susceptible de adquirir propiedades muy variadas mediante tratamiento mecánico y térmico.

Acero estructural

Empleado para las estructuras de construcciones civiles tales como puentes, casas y armazones, a los cuales se exige buena ductilidad, necesaria no sólo para absorberlas puntas de tensión, sino también para poder efectuar fácilmente todas las elaboraciones que implican la deformación plástica del material.

Alambre

Hilo de un metal cualquiera. El alambre laminado, el más grueso, se obtiene por laminación de lingotes o tochos prelamados y constituye el material de partida para la obtención del alambre fino por estiramiento.

Anclaje

Enlace de las partes de una construcción mediante elementos metálicos (tirantes, pernos, anclas, etc.) que aseguran la inmovilidad del conjunto.

Arcada

Serie de arcos.

Arco

Construcción curvilínea que cubre el vano de un muro o la luz entre los pilares. Curvatura de una bóveda.

Armadura

Estructuras formadas por elementos simples unidos de muy diversas maneras para que las construcciones no se derrumben.

Arriostramiento

Dispositivo para evitar la deformación y el derrumbamiento de las armaduras de vigas, por medio de riostras, tornapuntas o bridas ensambladas.

Mantenimiento.

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

Puente.

Es una Infraestructura de ingeniería vial que sirve para dar continuidad a un camino. Permite el cruce a distinto nivel de obstáculos naturales o artificiales, si esta estructura posee muchos tramos se denomina viaducto, si solo es para peatones se llama pasarela y si su luz es pequeña tomara el nombre de pontón.

Puente Colgante.

Es un tipo de estructura en el cual los elementos de la superestructura cuelgan de cables flexibles de acero mediante unos tirantes metálicos denominados péndolas. El cable curvo a manera de arco invertido, resulta ser la estructura principal que soporta las cargas y las trasmite a las torres y cámaras macizas de anclaje.

Superestructura.

Consiste en todos los elementos que están por encima de los apoyos. Estos elementos son: el Tablero, los elementos principales (vigas principales, cerchas, arco y cables) y los elementos secundarios (vigas diafragma, marcos arriostrados, sistema de arriostramiento y portales).

Estructura principal.

Se denomina estructura principal, al sistema estructural que soporta el tablero y salva el vano entre apoyos, transmitiendo las cargas a la subestructura.

Tablero

Es la plataforma sobre la cual circula el tránsito vehicular y peatonal. Puede ser una losa de concreto, un sistema de rejilla de acero, una lámina de acero o un sistema de tablonos de madera. Su principal función es transferir la carga viva a los elementos principales de la superestructura.

Cables principales.

Son cables flexibles y de poco peso relativamente respecto a la estructura total, es muy sensible a los vientos por lo que para darle mayor eficiencia al efecto estático y sobre todo dinámico de los vientos, se colocan en los lados del tablero, sendas estructuras reticuladas llamadas vigas de rigidez.

El cable

Es un elemento flexible, lo que quiere decir que no tiene rigidez y por tanto no resiste flexiones. Si se le aplica un sistema de fuerzas, tomará la forma necesaria para que en él sólo se produzcan esfuerzos axiales de tracción; si esto lo fuera posible no resistiría.

Las torres

Han sido siempre los elementos más difíciles de proyectar de los puentes colgantes, porque son los que permiten mayor libertad. Por eso en ellas se han dado toda clase de variantes. En los años 20 fueron adquiriendo ya una forma propia, no heredada, adecuada a su función y a su material; la mayoría tienen dos pilares con sección cajón de alma llena, unidos por riostras horizontales, o cruces de San Andrés.

Sistema de Anclaje

El sistema de anclaje une los extremos del cable a la roca natural o artificial. Este anclaje inclusive puede hacerse a través de la viga de rigidez en los puentes denominados autoanclados. Sobre los anclajes se transfiere parte de la carga que soporta el cable del puente.

Neoprenos

Son apoyos hechos parcial o totalmente de material elastomérico. Se usan para transmitir las cargas de un miembro estructural a un apoyo, permitiendo movimientos entre el puente y el apoyo.

Línea de Influencia.

La línea de influencia puede definirse como una gráfica cuyas ordenadas representan la magnitud y el carácter o sentido de cierta función o efecto en una estructura, a medida que una carga unitaria móvil se desplaza a lo largo de la misma.

2.6 Hipótesis

Para el desarrollo del Proyecto de Investigación nos planteamos la siguiente hipótesis:

“Efectuando un adecuado estudio de normas, bibliografía, especificaciones técnicas tanto del sector del Estado y del fabricante, se podrá elaborar una metodología para la evaluación y determinación del tipo de mantenimiento de puentes colgantes de la Región San Martín”.

CAPITULO III.

MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

3.1.1 Recursos Humanos

- a.- 01 Investigador (Responsable del proyecto de Tesis)
- b.- 01 Asesor
- c.- 01 Secretaria

3.1.2 Recursos Materiales

- Carta Nacional a escala 1: 100,000
- Papel bon A-1
- Papel bon A-4
- Juego de escuadras
- Portaminas
- 01 escalimetro
- 01 wincha 50 metros ,
- 01 máquina fotográfica
- Todo el personal equipados de botas de jebe
- Ponchos impermeables.

3.1.3 Recursos de Equipos

Equipo:

- 02 Computadoras
- 01 Impresora
- 01 Plotter
- 01 tablero de dibujo
- 02 calculadoras científicas

3.2. METODOLOGIA

3.2.1 Universo, Muestra, Población

3.2.1.1 Universo.

El Universo está integrado por todos los puentes colgantes de la Región San Martín.

3.2.1.2 Población.

Es el conjunto de individuos de la misma especie que van a compartir el servicio de mantenimiento. Para el caso, son los puentes de la provincia de Mariscal Cáceres.

3.2.1.3 Muestra.

Es el individuo o elemento elegido para el estudio a realizar. En Nuestro caso la muestra es el Puente Colgante Punta Arenas.

3.2.2 Sistema de Variables

3.2.2.1 Variable Independiente

Estudio de normas, especificaciones técnicas y evaluaciones in situ que permitan determinar el tipo de mantenimiento de los puentes.

3.2.2.2 Variable dependiente

Propuesta de metodología para la evaluación de estructuras de puentes colgantes.

3.2.3 Diseño Experimental de la Investigación

3.2.3.1 Definición de Mantenimiento Total (MT)

La definición del Mantenimiento Total puede resumirse en los cinco puntos siguientes:

1. El Mantenimiento Total busca maximizar la eficiencia de las estructuras.
2. El Mantenimiento Total busca establecer un sistema de mantenimiento diseñado para la vida útil de las estructuras.

3. El Mantenimiento Total opera en todos los sectores relacionados con el funcionamiento físico de la estructura.
4. El Mantenimiento Total está basado en la participación de todos los miembros de la empresa incluyendo los obreros y gerentes.
5. El Mantenimiento Total es llevado hacia delante a través de la motivación de la gerencia.

3.2.3.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO TOTAL (MT) ENFOCADO A LA IMPLANTACIÓN

2.2

La nueva versión del Mantenimiento Total con un enfoque de implantación global en la empresa consta de los siguientes puntos:

1. El Mantenimiento Total persigue la creación de un sistema corporativo que maximice la eficiencia de las estructuras.
2. El Mantenimiento Total crea sistemas para prevenir la aparición de todos los daños que pueden suceder en la línea de servicio, enfocándose en el producto final. Esto incluye sus temas para lograr cero accidentes, cero defectos y cero fallas en el ciclo total productivo de la estructura.
3. El Mantenimiento Total es aplicado en todos los sectores, incluyendo la producción y departamentos administrativos.
4. El Mantenimiento Total se basa en la participación de todos los miembros, desde los gerentes hasta los obreros.
5. El Mantenimiento Total logra cero defectos a través de la formación de pequeños grupos de trabajo.

3.2.3.3 OCHO PILARES O PRINCIPIOS PARA EL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO TOTAL

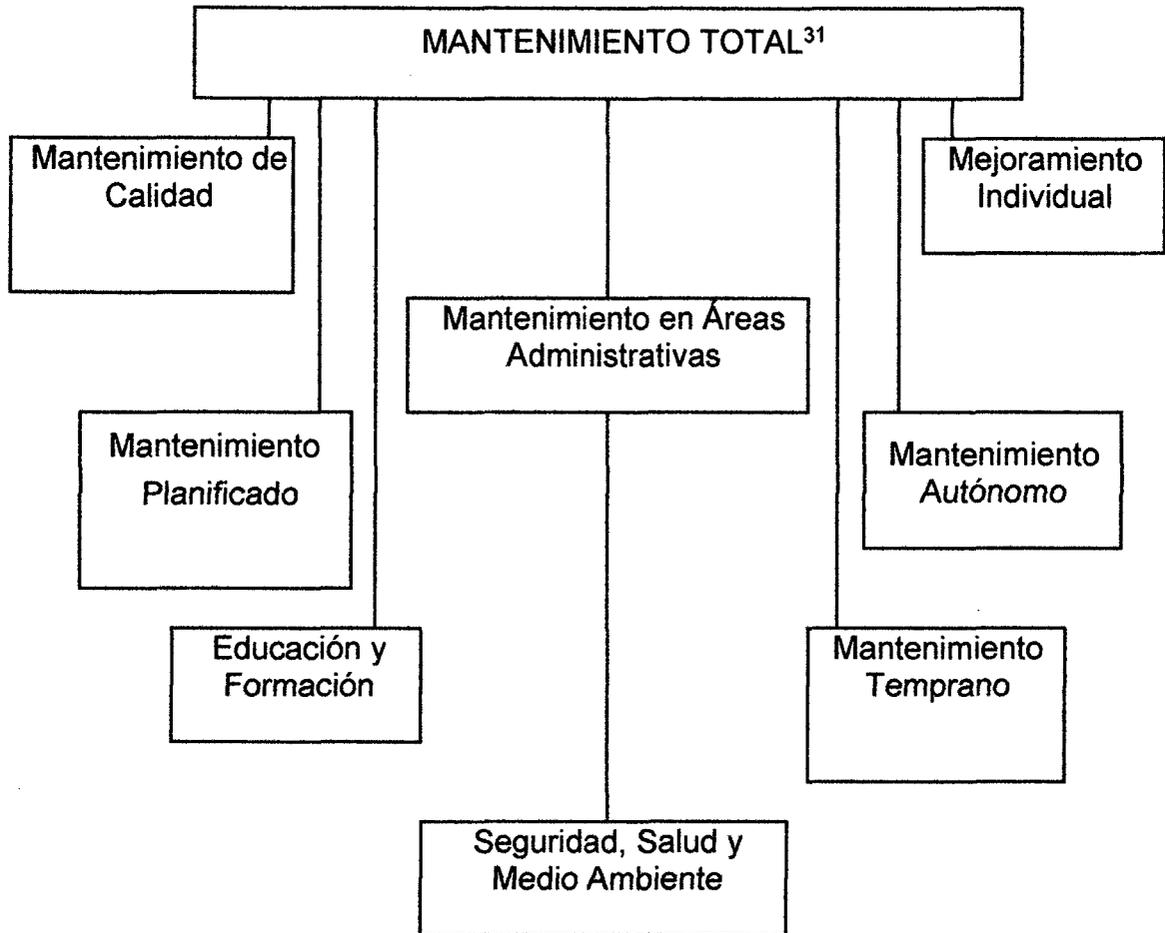


Tabla 01: Pilares del Mantenimiento Total.

3.2.3.4 MEJORAMIENTO INDIVIDUAL

Este pilar busca eliminar radicalmente daños utilizando una metodología de análisis y soluciones de problemas. Los proyectos de mejora se realizan individualmente o en equipos pequeños. Se utilizan técnicas de control de calidad, estadística industrial, ingeniería de procesos, fiabilidad, ingeniería de mantenimiento, etc.

³¹ www.ceroaverias.com, fecha de actualización 10/08/09, fecha de visita 25/12/14

3.2.3.5 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Este pilar busca que la estructura tenga un comportamiento regular, logrando eliminar los problemas crónicos que impiden su pleno rendimiento. Desde el punto de vista humano, este pilar trae los beneficios de mejorar la calidad y seguridad del sitio de trabajo, desarrollar la capacidad técnica del personal y aumenta el sentido de responsabilidad del mismo. En las actividades de este pilar, el trabajador responsable se involucra tanto como le sea posible en los trabajos de conservación y mantenimiento de las condiciones básicas de la estructura (conservarlo limpio, correctamente lubricado y ajustado). Utiliza técnicas como la estrategia de las 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (clasificar, ordenar, limpiar, trabajo estandarizado y disciplina), técnicas de análisis de problemas, gestión visual, procesos de diálogo, trabajo en equipo y otras técnicas de comunicación muy eficaces.

3.2.3.6 MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Este pilar tiene como propósito mejorar la eficacia del sistema actual de mantenimiento, utilizado por la empresa a través de la eliminación de los defectos de trabajo. Sugiere un sistema de mejora gradual de las operaciones de mantenimiento. Al seguir cuidadosamente estas etapas, una empresa puede tanto mejorar la gestión, como la tecnología de mantenimiento. Este pilar contribuye significativamente a mejorar el rendimiento, pero lo más importante, permite sostener los logros alcanzados con la aplicación de otros pilares. El fundamento metodológico es la elaboración y uso eficiente de la información de mantenimiento, pero en especial, la producida durante el trabajo en las estructuras y los estudios de ingeniería de mantenimiento.

3.2.3.7 EDUCACIÓN Y FORMACIÓN

El entrenamiento tiene por objetivo mejorar las habilidades del personal de mantenimiento para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

3.2.3.8 MANTENIMIENTO TEMPRANO

Este pilar busca mejorar los procesos de mantenimiento. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos, son factores extremadamente críticos. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de las estructuras. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de las estructuras actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

3.2.3.9 MANTENIMIENTO DE CALIDAD

Este pilar tiene como propósito contribuir a lograr productos de alta calidad, a través de la inspección y control de los parámetros técnicos del equipo que inciden en las variables de la calidad de la estructura. Este pilar se implanta en estructuras que no presenten deterioro acumulado y su fiabilidad es alta. Las acciones de mantenimiento aseguran la calidad del producto debido a que el equipo aparentemente está libre de averías y es muy fiable. Se emplean técnicas de ingeniería de mantenimiento, análisis de procesos y métodos de calidad para identificar los parámetros a controlar. La inspección de la estructura orientada a conservar las variables de calidad es realizada por los trabajadores como parte del mantenimiento autónomo. El mantenimiento de calidad se considera como una etapa relativamente avanzada.

3.2.3.10 MANTENIMIENTO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS

Este pilar tiene como propósito reducir la negligencia que se puede producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del mismo y de desarrollo de la estructura, el mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de

información, coordinación, precisión, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5S, acciones de mantenimiento autónomo, educación, formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

3.2.3.11 GESTIÓN DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad.

Emplea metodologías desarrolladas para los pilares de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

3.2.4 Diseño de Instrumentos

3.2.4.1 DOCE PASOS PARA EL PROGRAMA DE IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO TOTAL

SECCIONES	PASOS	DETALLES
PREPARACIÓN	1. Declaración de la gerencia de implantar el MT.	Declaración y publicación ante toda la compañía, de la decisión de implantar el MT.
	2. Lanzamiento de la campaña de educación sobre el MT.	Gerentes: Seminarios de acuerdo al nivel. General: Presentaciones con información variada.
	3. Creación de organizaciones para promover el MT.	Creación de grupos de trabajo traslapados para difundir el MT.
	4. Establecimiento de los principios básicos y objetivos del MT.	Análisis de las condiciones actuales, fijación de objetivos, predicción de resultados.
	5. Formulación del plan maestro para el desarrollo del MT.	Preparación de planes detallados para la implantación completa del MT.
INTRODUCCIÓN	6. Inicio de la introducción del MT.	Invitación a clientes, subcontratistas y personas relacionadas con la empresa, con el fin de darles a conocer sobre los logros del MT.
EJECUCIÓN	7. Mejoramiento de la eficiencia de cada parte de los equipos.	Implantación de tareas de mantenimiento que eleven la eficiencia.
	8. Establecimiento de la fase inicial de un sistema de gerencia para nuevos productos.	Registro de información valiosa que ayudará en el momento de introducir nuevos productos y equipos.
	9. Establecimiento de un sistema de mantenimiento de calidad.	Enfoque sobre las causas que producen las características de calidad.
	10. Establecimiento de un sistema para mejorar la eficiencia en los sectores administrativos y de supervisión.	Tareas de mantenimiento autónomo y mejora individual, orientadas a estos departamentos.
	11. Establecimiento de un sistema de seguridad, higiene y protección del medio ambiente.	Tareas enfocadas a eliminar la suciedad, peligro y dificultades.
ESTABLECIMIENTO	12. Implantación completa del MT.	Presentación de la compañía para la obtención de un premio MT y fijación de objetivos más altos.

Tabla 02: Doce pasos para la implantación del Mantenimiento Total.

3.2.4.2 EFECTOS DEL MANTENIMIENTO TOTAL

Los siguientes aspectos son considerados como efectos tangibles después de haber implantado el Mantenimiento Total:

- Productividad (P).
- Calidad (Q).
- Costo (C).
- Tiempo de entrega (D).
- Seguridad, limpieza (S).
- Moral (M).

i. CLASIFICACIÓN Y CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede clasificarse como:

- Preventivo.
- Correctivo.
- Predictivo.
- Modificativo.

Partiendo de los diferentes tipos de mantenimiento que se pueden desarrollar, es importante recopilar la información sobre cuál de ellos se realiza sobre las estructuras metálicas.

3.2.4.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Son los trabajos a realizar, los cuales se encuentran planificados y programados con anterioridad en un plan de mantenimiento y que son cumplidos en los plazos previstos, con el objetivo de evitar que las estructuras se deterioren prematuramente.

3.2.4.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Son los trabajos a realizar, los mismos que se presentan de manera imprevista y requieren de una acción correctiva inmediata, de manera de garantizar la fiabilidad de la infraestructura y preservar la calidad del producto.

3.2.4.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

3.2.4.6 REHABILITACIÓN

Ante la falta de un mantenimiento adecuado, la estructura de acero llega a niveles de deterioro que superan los niveles permisibles, para devolver a la estructura un nivel de servicio aceptable, serán necesarias realizar actividades de mayor relevancia que las del mantenimiento periódico (preventivo). Las actividades a desarrollar incluyen las mismas que las indicadas para el mantenimiento periódico, pero cuyas cantidades y costos son considerablemente mayores.

3.2.4.7 RECONSTRUCCIÓN

Ante la falta de un mantenimiento adecuado, la estructura de acero llega a niveles de deterioro que superan considerablemente los niveles permisibles, hay ocasiones en que la estructura ha cumplido con su vida útil y por tales circunstancias solamente las obras de reconstrucción permitirán que la estructura pueda volver a ofrecer el nivel de servicio original.

3.2.4.8 MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Son todas aquellas actividades que se deben realizar para restablecer las condiciones estructurales, funcionales y de seguridad de los puentes y así garantizar la conservación de las estructuras y la transitabilidad de las vías.

3.2.4.9 DISTRIBUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

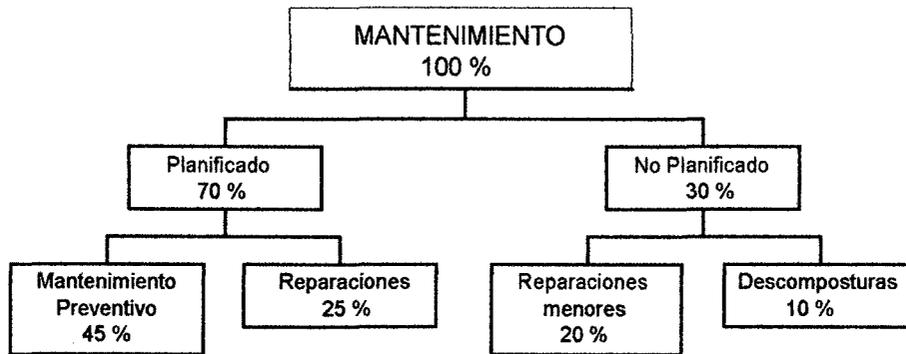


Tabla 03: Distribución del Mantenimiento.

3.2.4.10 PARÁMETROS Y ACTIVIDADES FUNCIONALES, ESTRUCTURALES Y DE SEGURIDAD DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.4.10.1 PARÁMETROS PRINCIPALES

Los parámetros principales son:

- Cable metálico.
- Viga de rigidez o armadura.
- Anclajes.
- Pendolones.
- Tablero.
- Torres.
- Neoprenos.
- Cimientos.
- Silletas.

3.2.4.10.2 PARÁMETROS SECUNDARIOS

Los parámetros secundarios son:

- Conexiones emperradas.

- Conexiones soldadas.
- Conexiones remachadas.
- Conexiones con pasadores.
- Conexiones con remache – tornillo.
- Conexiones con combinación de soldadura y pernos.
- Conexiones con espárragos soldados.

1. ACTIVIDADES FUNCIONALES

Entre las actividades funcionales se tiene las reparaciones en:

- Niveles de las aproximaciones.
- Tablero del puente.
- Losas.
- Conexiones.

2. ACTIVIDADES ESTRUCTURALES

Entre las actividades estructurales se tiene reparaciones en:

Viga de rigidez o en la armadura de rigidez.

Apoyos.

Muros.

Cimientos.

Torres.

Estribos.

3. ACTIVIDADES DE SEGURIDAD

Entre las actividades de seguridad se tiene arreglos en:

Barandas.

Bordillos.

Aceras.

Señalización.

Barreras de seguridad.

Elementos de protección.

Estabilización de taludes del lecho.

Estabilización de taludes del cauce.

Postes de iluminación.

4. RECOMENDACIÓN

Cuando los daños ocasionados son mayores o cuando se detecta que la capacidad de carga del puente es insuficiente, se recomienda la demolición y construcción de un nuevo puente.

3.2.4.11 DISEÑO EFICAZ DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.4.11.1 OBJETIVOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Los programas tienen como objetivo principal:

1. Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las estructuras de acero.
2. Reducir los costos.
3. Mejorar la calidad del servicio.

3.2.4.11.2 PLANIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Los planes a ser elaborados dentro de un programa de mantenimiento son:

- Mantenimiento planeado (preventivo o predictivo).
- Manejo del mantenimiento de emergencia o correctivo.
- Mejora de la confiabilidad.
- Programa de administración del equipo (TPM).
- Reducción de costos.
- Capacitación y motivación de los empleados.

3.2.5 Procesamiento de la Información

3.2.5.1 METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO TOTAL

3.2.5.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE FALLAS

Datos sobre fallas en las estructuras recolectadas periódicamente sirven para saber si el proceso de mantenimiento está siendo mejorado o no, si la empresa ha tomado alguno de estos datos a lo largo de su vida, es importante registrarlos para un análisis posterior.

3.2.5.1.2 MECANISMOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Tanto para fallas menores como para las fallas crónicas existen varios métodos para solucionarlos, es importante registrar si estos son empleados en el mantenimiento, pues uno de los objetivos del Mantenimiento Total es cero fallas.

3.2.5.1.3 NORMALIZACIÓN

La estandarización del mantenimiento es uno de los parámetros que permiten a la empresa competir nacional e internacionalmente, por esta razón es necesario mencionar bajo qué parámetros internacionales se trabaja.

3.2.5.1.4 SEGURIDAD

Otro parámetro de gran importancia en el desempeño de una empresa es el relacionado con la seguridad e higiene. Siendo este uno de los pilares del Mantenimiento Total es importante mencionar en qué estado se encuentra la empresa con respecto a este aspecto.

3.2.5.1.5 OTROS

En empresas donde el Justo a Tiempo ha sido adoptado, los efectos del Mantenimiento Total son considerablemente más visibles, por lo tanto debe registrarse si la empresa trabaja con filosofías de mantenimiento y gerencia internacionales como: Justo a tiempo, Gerencia de Calidad total, etc.

3.2.6 RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE FALLAS Y MECANISMOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.6.1 FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES METÁLICOS

Las propiedades mecánicas dependen principalmente de:

La composición química.

Los procesos de laminado.

Los tratamientos térmicos.

El trabajo en frío.

La temperatura.

Estos factores producen una apreciable variedad de resultados para un mismo acero. Dado que es más sencillo llevar a cabo la prueba de tensión, la mayoría de las propiedades mecánicas se toma del diagrama esfuerzo – deformación a tensión. Los mejores aceros para estructuras metálicas son los de alta resistencia tratada térmicamente.

3.2.6.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES METÁLICOS

Las propiedades mecánicas de los aceros a altas temperaturas y su comportamiento bajo condiciones de exposición al fuego se evalúa usualmente sobre la base de su comportamiento especificados en la Norma de la Sociedad Americana para Ensayos de Materiales o ASTM (por sus siglas en Inglés) E-119. Pruebas Estándar de Fuego, para la construcción de estructuras y materiales.

El comportamiento para casi todos los aceros estructurales, es el mismo y de acuerdo con la información obtenida hasta la fecha, los ensambles hechos con aceros de alta resistencia se comportan tan bien como los hechos con acero ASTM A36.

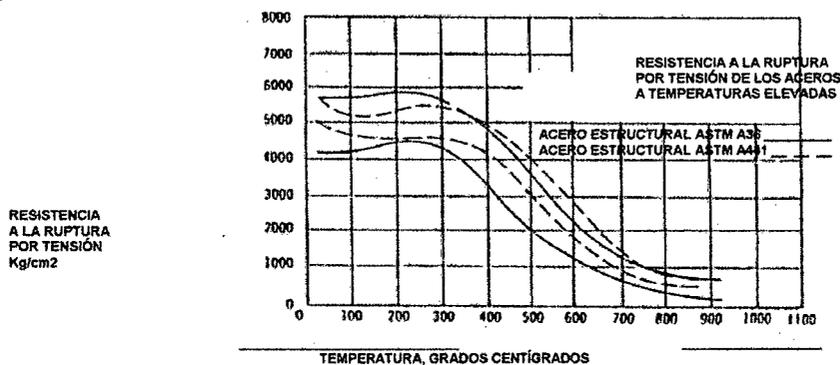


Figura 08: Curva típica de resistencia a la ruptura vs. temperatura.³²

³² BRESLER BORIS; LIN T.; SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Limusa, México, 1997, 2ª edición, pag 59

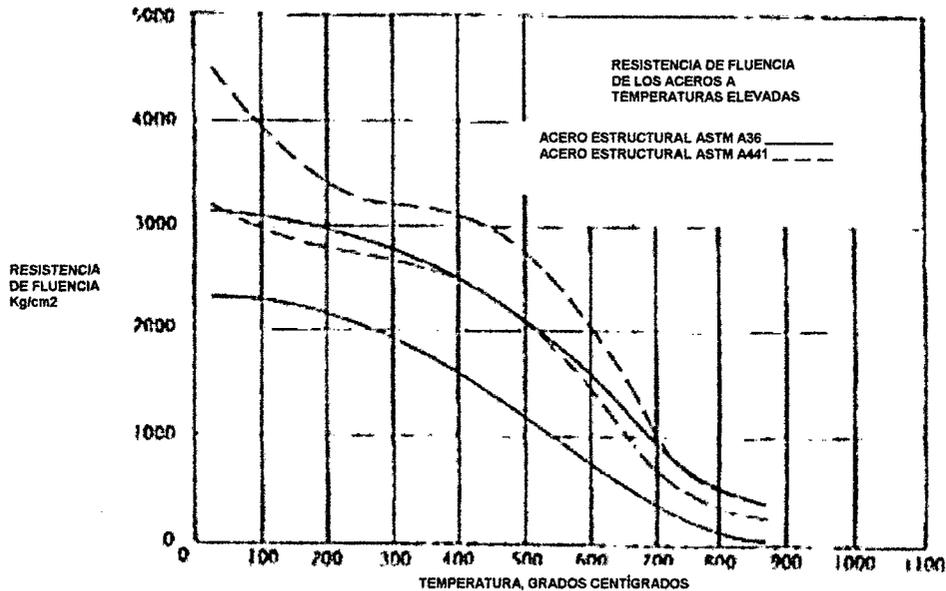


Figura 09: Curva típica de resistencia a la fluencia vs. temperatura.³³

3.2.6.3 FALLAS ESTRUCTURALES EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

La experiencia y el sentido común reciben muy poca atención para el análisis técnico, si realmente se espera obtener un beneficio de estos dos factores, el diseñador debe aprender de las fallas pasadas.

Las fallas estructurales pueden ser causadas por:

- Materiales de mala calidad.
- Errores de fabricación o montaje.
- Diseño defectuoso.

3.2.6.4 CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS ESTRUCTURALES EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Las causas más frecuentes de fallas estructurales se clasifican como:

- Movimientos de cimentación.
- Resonancia dinámica e inestabilidad dinámica.
- Conexiones inadecuadas.
- Valoración incorrecta de la resistencia al pandeo.

³³ BRESLER BORIS; LIN T.; SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Limusa, México, 1997, 2ª edición, pag 60

Falla de contraventeo adecuado contra el movimiento lateral o pandeo.

- Sobrecarga.
- Fatiga.

La falla más frecuente es la producida por movimientos a asentamientos de los cimientos, para evitar estos daños debe llevarse a cabo un análisis racional de la respuesta dinámica de la estructura, para determinar las fuerzas y desplazamientos que pueden tener.

Los miembros y conexiones de toda la estructura deben diseñarse para disipar la energía y resistir las fuerzas sin sufrir un daño irreparable.

3.2.6.5 PROTECCIÓN DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Las protecciones principales que se deben hacer a los puentes colgantes metálicos son:

- Protección contra el fuego.
Protección contra variaciones muy altas de temperatura.
- Protección contra la corrosión.
- Protección contra el desgaste.
- Protección contra fracturas.
- Protección contra la fatiga.

3.2.6.6 PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Las estructuras metálicas deben protegerse contra los riesgos de incendio en nuestro país, aunque usualmente se los clasifica como incombustibles y proporcionan una seguridad razonable en cierto tipo de condiciones.

3.2.6.6.1 Objetivos de la protección contra el fuego

Los objetivos de esta protección contra el fuego son:

1. Permitir la evacuación rápida y segura de los usuarios durante la amenaza.

2. Contribuir a la seguridad de los equipos de emergencia.
3. Evitar la propagación del fuego.
4. Reducir al mínimo las pérdidas económicas de las propiedades.

El grado de seguridad de las estructuras metálicas se mide en términos de horas de resistencia al fuego, basándose en procedimientos normalizados de prueba.

3.2.6.6.2 Control de protección contra el fuego

La resistencia al fuego del acero puede aumentarse mediante:

1. Aplicación de revestimientos protectores del fuego, como:

- Concreto.
- Yeso.
- Vermiculita.
- Rociaduras de amianto.
- Pinturas especiales.

2. Utilizar aceros que posean un mayor número de horas de resistencia al fuego, como:

- Acero ASTM A588 grado A.
- Acero ASTM A514 grado F.

3.2.6.7 PROTECCIÓN CONTRA VARIACIONES MUY GRANDES DE TEMPERATURA EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.6.7.1 Baja temperatura

Cuando los aceros estructurales están sometidos a medios en los que la temperatura ambiental es extremadamente baja, es decir, cuando se aproxima a la Temperatura de Transición de los mismos, los efectos sobre los aceros son:

- La energía que absorben los aceros es mucho menor.
- Los aceros pasan de la zona dúctil a la zona frágil.
- Se reducen las distancias interatómicas.
- Se desequilibran las fuerzas internas del acero.

- Los aceros tienden a fracturarse bajo la acción de esfuerzos mucho menores.
- Los aceros se vuelven muy frágiles y muy duros.

3.2.6.7.2 Alta temperatura

Cuando los aceros estructurales están sometidos a temperaturas extremadamente altas, los efectos sobre los aceros son:

- Las propiedades mecánicas de los aceros se ven disminuidas notablemente.
- Los aceros tienden a fracturarse bajo la acción de esfuerzos muchos menores.
- Los aceros se vuelven muy dúctiles y muy maleables.
- Hay crecimiento de grano.
- Las fuerzas internas del acero se desequilibran.
- Pierden la capacidad de soportar carga.

3.2.6.7.3 Control de protección contra temperaturas muy bajas³⁴

La resistencia a las temperaturas muy bajas a las que se encuentran sometidos los aceros se evitan mediante:

1. Utilización de aceros especiales que soportan bajas temperaturas, como:

- **Acero ASTM A242, ASTM A588 y ASTM A572 grado 42/50/60/65.**
Aceros de alta resistencia y baja aleación o HSLA (por sus siglas en Ingles).

3.2.6.7.4 Control de protección contra temperaturas muy altas

La resistencia a las temperaturas muy altas a las que se encuentran sometidos los aceros se evitan mediante:

1. Utilización de aceros que posean revestimientos de protección contra altas temperaturas, como:

- Concreto.
- Yeso.

³⁴ BROCKENBROUGH ROGER; MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Mc Graw Hill, Colombia, 1997, 2º edición, Tomo 1, pag. 1.21

- Vermiculita.
- Rociaduras de amianto.
- Pinturas especiales.

1. Utilizar aceros que posean un mayor número de horas de resistencia a altas temperaturas, como:

- Acero ASTM A588 grado A.
- Acero ASTM A514 grado F.

3.2.6.8 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO³⁵

La corrosión es la pérdida de material, sean estos metálicos o no, es decir, que una parte del mismo se degrada por acción del medio.

3.2.6.8.1 Factores que influyen en la resistencia a la corrosión

Los factores más importantes para determinar la resistencia a la corrosión de los materiales son:

- Ambiente físico y químico.
- Composición de dicho material.
- Defensa o protección que tiene dicho material contra el contacto con los elementos dañinos del medio ambiente.

Los elementos, ya sean estos delgados o gruesos, son igual de susceptibles a la corrosión. Aunque un espesor mayor puede aumentar en cierto grado la durabilidad de una estructura de acero en presencia de la corrosión.

3.2.6.8.2 Tipos de corrosión

Corrosión generalizada

Es el ataque por acción de un reactivo o por la acción atmosférica que se produce en toda la superficie del elemento por igual, es decir, no hay un lugar preferente

³⁵ BROCKENBROUGH ROGER; MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Mc Graw Hill, Colombia, 1997, 2º edición, Tomo 1, pag. 1.3

para la corrosión.

Corrosión galvánica

Se da cuando hay dos metales en contacto directo. En este tipo de corrosión el metal más electropositivo hace de ánodo, el metal más electronegativo hace de cátodo, hay un medio electrolítico (generalmente es el agua) y debe haber un medio que cierre del circuito galvánico (generalmente es en aire). Esta corrosión es muy fuerte y es focalizada.

Corrosión por picadura

Es un proceso puntual y focalizado, difícil de detectar. Trae como consecuencia la perforación del metal por ser un proceso autocatalítico.

Al haber una imperfección en el metal, se empiezan a desprender electrones del mismo que van hacia la superficie y hacen que el elemento vaya perdiendo material progresivamente. Cada picadura de este proceso es independiente de la otra. Este proceso se origina cuando el agua se mete en la imperfección y empieza el proceso de extracción de electrodos. Este proceso requiere la presencia de oxígeno.

Corrosión solapada o tapada

Es un proceso puntual, aparece o se forma en lugares tapados, es muy rápida, se da a alta velocidad por acción del agua o humedad que se filtra entre el metal y la película o material que lo cubre. Se origina en zonas con pintura, zonas con mala preparación de la pintura, en esquinas, etc. No se la puede observar y se caracteriza porque la pintura explota. Es un proceso similar a la corrosión por picadura pero no necesita la presencia de oxígeno y posteriormente a su acción se presenta la corrosión galvánica.

Corrosión intergranular

Se da en aceros inoxidable y es la precipitación de carburos que se localizan en el borde de grano. Por acción de la alta temperatura, los elementos como el cromo se difunden hacia el borde de grano y forman los carburos, los cuales a su vez, se dilatan y forman fisuras en el borde de grano que pueden hacer que el material se suelte, puede haber también crecimiento de grano. El grano suelto es el cátodo y el material es el ánodo. La reacción del proceso es de óxido-reducción de carburos. En presencia de azufre, este hace que se forme sulfuro de cromo y la corrosión se

acelera, al terminarse el cromo que es el elemento protector del acero y por la presencia de agua se forma ácido sulfúrico que corroe más aun al acero, es decir, al no haber cromo, el acero queda expuesto a otros ataques.

Corrosión selectiva del hierro gris

En este proceso, al haber una diferencia de potencial entre el material electropositivo (grafito) y el electronegativo (ferrita + perlita) se da la corrosión. La velocidad de corrosión es baja a pesar de que la diferencia de potencial es alta, esto se debe a que los materiales están muchas veces aislados. El medio electrolítico es el agua que extrae el grafito y entra en agua en contacto con el metal, causando así la corrosión.

Corrosión bajo tensión

Es un proceso que se presenta en elementos que están sometidos a esfuerzos constantes, debe haber corrosión transgranular. Este proceso se da en los lugares donde la tensión es máxima sin importar si es en el límite de grano o no, esta corrosión avanza transversalmente. La corrosión se da de adentro hacia afuera.

3.2.6.8.3 Control de protección contra la corrosión

El deterioro de los aceros por corrosión se evita dependiendo del tipo de corrosión que ataca, como:

A. Corrosión generalizada.

Aplicar recubrimientos protectores (pinturas o galvanizado).

No tapar con materiales que puedan atrapar humedad.

B. Corrosión galvánica.

Utilizar materiales con una variación de voltaje pequeña.

Aplicar capas protectoras (pinturas o galvanizado).

Aplicar corrientes impresas por medio de un generador, el cual absorbe esta diferencia de potencial y es el que se corroe.

Mediante la utilización de un ánodo de sacrificio (zinc).

C. Corrosión por picadura.

Mejorar el acabado superficial en los materiales.

D. Corrosión solapada.

Sellar las uniones para evitar que el agua se filtre entre el metal y la película o material que lo cubre.

Utilizar películas protectoras de calidad para evitar estas filtraciones.

E. Corrosión intergranular.

No exponer el acero a elevadas temperaturas.

Utilizar películas protectoras contra el calor.

F. Corrosión selectiva del hierro gris.

Aplicar capas protectoras (pinturas o galvanizado).

G. Corrosión bajo tensión.

Realizar un tratamiento térmico de alivio de tensiones.

3.2.6.8.4 Galvanizado

El galvanizado es un recubrimiento sacrificable de zinc, es decir, este recubrimiento se corroe primero y crea una película de óxido protector que impide la corrosión del acero. Este recubrimiento es el más común y económico de todos, es muy efectivo mientras no se rompa o fisure. Se lo puede aplicar en todos los elementos que forman parte de toda la estructura metálica. La efectividad del recubrimiento de zinc es proporcional a su espesor, se lo mide en kilogramos sobre metro cuadrado del área superficial a proteger.

Hay tres clases de recubrimiento de zinc que son:

Clase A.

Varia de 0.12 a 0.31 [kg/m²].

Clase B.

Es 2 veces más pesado que la clase A.

· Clase C

Es 3 veces más pesado que la clase A.

Desventajas del proceso de galvanizado

La galvanización tiene algunas desventajas que son:

- Dependiendo de las condiciones ambientales, el galvanizado dura aproximadamente 20 años.
- Hay la posibilidad de que el galvanizado por inmersión en caliente pueda causar fragilización por hidrogenación (sin embargo, hay alguna indicación que con la tecnología actual, el método de galvanizado por inmersión en caliente es probable que no produzca fragilidad por hidrogenación como ocurría antes).
- Puede ser difícil cumplir las especificaciones para un recubrimiento clase C con el método de inmersión en caliente.
- Un alambre galvanizado por inmersión en caliente puede no tener la misma resistencia a la fatiga que tiene un alambre recubierto con galvanización electrolítica.

3.2.6.8.5 Protección contra la corrosión en los cables de los puentes colgantes

Los sistemas de protección más comunes son:

- Recubrimiento mediante galvanizado.
- Recubrimientos con pasta roja de plomo.
- Recubrimientos sintéticos de:
 - a. Piezas plásticas de relleno extruidas de polietileno negro.
 - b. Cubiertas de lámina de nylon.
 - c. Cubiertas de resina acrílica de vidrio reforzado consistente en una capa de base de fibra de vidrio.
 - d. Capas de tela de vidrio.
 - e. Capas de resina acrílica.
 - f. Capas de resina acrílica que contiene un aditivo de arena.
 - g. Hojas de neopreno enrolladas en espiral.
 - h. Pintura de hypalón.
 - i. Hojas de neopreno enrolladas.

3.2.6.8.6 Protección contra la corrosión en las péndolas de los puentes colgantes

Los sistemas de protección más comunes son:

- Recubrimientos de galvanización.
- Recubrimientos con extrusión de polietileno negro de gran densidad. En muchas aplicaciones este recubrimiento también reduce la fatiga causada por las vibraciones. Por tal razón debe prestarse particular atención al sellamiento de los extremos y minimizar el doblado de los alambres en la nariz de los casquillos.

3.2.6.8.7 Aceros resistentes a la corrosión

Estos aceros satisfacen las necesidades estructurales y son económicos, tienen un buen comportamiento a largo plazo con un bajo mantenimiento.

- **Acero ASTM A709 grado 36 y ASTM A36.**
Acero estructural.
- **Acero ASTM A709 grado 50, ASTM A572 grado 50, ASTM A709 grado 50W y ASTM A588.**
Acero de baja aleación y alta resistencia o HSLA.
- **Acero ASTM A709 grado 70W y ASTM A852.**
Acero de baja aleación, templado y revenido.
- **Acero ASTM A709 grados 100/100W y ASTM A514**
Acero aleado de alta resistencia a la cadencia, templada y revenida.

3.2.6.8.8 Aceros con autoprotección ambiental

Se los usa para obtener economía en la estructura y cuando las condiciones lo permiten.

Este tipo de acero tiene resistencia mejorada contra la corrosión atmosférica y no requiere pintura, pero el kilo cuesta un poco más que otros aceros de grado equivalente.

Antes de seleccionar el tipo de acero, los diseñadores deben determinar el nivel de corrosión del entorno en el cual va a ser localizado el puente, esto determinará si es apropiado el uso de un acero sin pintura de grado:

- 50W.
- 70W.
- 100W.

Estos aceros pueden ser utilizados en:

- Regiones costeras marítimas.
- Regiones con fuertes y frecuentes lluvias, alta humedad o niebla persistente.
- Áreas industriales donde emisiones químicas concentradas puedan atacar directamente a las estructuras.
- Túneles donde las emisiones vehiculares pueden ser altamente corrosivas.
- En cruces acuáticos.

3.2.6.9 PROTECCIÓN CONTRA EL DESGASTE DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

El desgaste es la pérdida de material, por lo general es causada por algún mecanismo o medio en contacto.

3.2.6.9.1 Consideraciones

Se debe tomar en cuenta si la pérdida de material impide que el elemento pueda seguir funcionando, pero hay que considerar también que esta pérdida de material puede causar grandes problemas.

3.2.6.9.2 Tipos de desgaste

Desgaste adhesivo

- Hay contacto entre metal – metal.
- Se desplazan las superficies.
- Hay la acción de una carga externa.

- Hay microcontacto superficial.
- Un material es más duro que el otro.
- No hay lubricación.
- Hay partículas de metal alojadas en el interior.
- Se presentan como ralladuras del mismo ancho y profundidad.

Desgaste abrasivo

- Hay partículas duras.
- Las partículas duras chocan contra el metal.
- Estas partículas pueden ser arenas, alúmina, carburos, etc.
- Puede derivarse del desgaste adhesivo.
- Es un desgaste rápido.
- Se presenta como ralladuras de diferente ancho y profundidad.

Desgaste por erosión

- Hay partículas en suspensión dentro de un líquido.
- Las partículas impactan contra el material por acción de la velocidad y presión.
- Se presentan como una ralladura de gato, pero más homogénea en ancho y profundidad.

Desgaste por erosión - corrosión

- Las partículas que se desprenden en la corrosión son arrastradas por el fluido y generan el desgaste abrasivo – corrosivo.
- Donde se ha presentado el desgaste abrasivo – corrosivo, se presenta la corrosión.

3.2.6.9.3 Control de protección contra el desgaste

El deterioro de los aceros por desgaste se evita dependiendo del tipo de desgaste que ataca, como:

1. Desgaste adhesivo.

- Lubricar las superficies.
- Utilizar aditivos como:
 - a. Grafito.

b. Sulfuro de molibdeno.

- Mejor acabado superficial.
- Utilizar materiales como:
- Teflón.

2. Desgaste abrasivo.

- Utilizar filtros de acuerdo al tamaño de las partículas.
- Utilizar elastómeros como:

a. Caucho.

b. Polímero.

- Utilizar aceros al 7 u 8 % de C.
- Utilizar aceros Hadfiel (14 % Mn).
- Utilizar fibras + matriz cerámica o composites.

3. Desgaste por erosión.

- Utilizar sedimentos en volúmenes grandes de fluido.
- Utilizar filtros en volúmenes pequeños de fluido.
- Utilizar elastómeros.
- Utilizar aceros al manganeso.
- Utilizar cerámicos.

4. Desgaste por erosión - corrosión.

- Identificar el tipo de corrosión y así evitar la misma para posteriormente evitar la erosión.

3.2.6.10 PROTECCIÓN CONTRA FRACTURAS FRÁGILES EN PUNTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Los puentes, edificios, barcos y otras estructuras utilizadas por las personas son diseñados para lo que pudiera definirse como falla dúctil o plástica, ya que los tipos de fallas repentinas o abruptas son totalmente indeseables. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias llega a presentarse este tipo de fallas repentinas, las que han sido atribuidas ya sea a la fractura frágil o a la fatiga.

En general, el acero se comporta en forma plástica y fluye cuando, debido a un alto esfuerzo cortante, ocurre un deslizamiento a lo largo de ciertos planos de ruptura. Al esfuerzo cortante máximo, para el que presenta el deslizamiento, se le designa esfuerzo de fluencia al cortante y al esfuerzo principal máximo de tensión, correspondiente al instante en el que se presenta la fractura, resistencia a la fractura frágil.

El comportamiento del material puede ser plástico o frágil, dependiendo del estado del esfuerzo y de la temperatura.

Esta consideración de comportamiento frágil o dúctil subraya la importancia de los esfuerzos residuales, si existen efectos residuales altos en ciertas partes de la estructura, la fractura frágil puede presentarse bajo cargas relativamente pequeñas.

3.2.6.10.1 Fractura frágil

Bajo condiciones suficientemente adversas de esfuerzo a tensión, temperatura, velocidad de carga, discontinuidad geométrica (muesca) o restricción, un miembro de acero puede experimentar una fractura frágil. En general una fractura frágil es una falla que ocurre por agrietamiento con poca indicación de deformación plástica. En contraste, una fractura dúctil ocurre principalmente por corte, por lo general precedida por una considerable deformación plástica.

El comportamiento frágil y las fracturas de tipo quebradizo son originadas por:

- Altos esfuerzos de tensión.
- Elevados porcentajes de carbono.
- Aplicación rápida de las cargas.
- Presencia de muescas.

Una falla quebradiza tiene una apariencia cristalina y una falla por cortante tiene una apariencia fibrosa.

3.2.6.10.2 Efecto de la temperatura sobre la fractura frágil

La resistencia a la fractura frágil no cambia en forma apreciable respecto a la temperatura y en el caso del acero se supone constante. En cambio, el esfuerzo

de fluencia al cortante sí varía con la temperatura, es decir, que los esfuerzos aumentan cuando la temperatura disminuye y el acero se vuelve frágil.

3.2.6.10.3 Comportamiento de los empalmes soldados en secciones pesadas

La contracción durante la solidificación de grandes soldaduras en miembros estructurales de acero ocasiona, en el metal restringido adyacente, deformaciones que pueden sobrepasar la correspondiente al punto de cedencia.

En material grueso pueden desarrollarse esfuerzos en la dirección del espesor así como en las direcciones planares. Este tipo de condición inhibe la capacidad del acero para actuar de manera dúctil y aumenta la posibilidad de una fractura frágil.

3.2.6.10.4 Efecto de los procesos de fabricación sobre la fractura frágil

El excesivo trabajado en frío como el punzonamiento y cizallamiento de los bordes expuestos de miembros de acero estructural puede ocasionar fragilización o grieta y deben evitarse porque pueden ocasionar fractura frágil.

El taladrado es preferible al punzonamiento, porque este último labra en frío drásticamente el material en el borde de un agujero y puede producir pequeñas grietas que se extiendan radialmente a partir del agujero. Esto hace que el acero sea menos dúctil y eleva la temperatura de transición, en consecuencia, la falla frágil puede iniciarse en el agujero cuando el miembro se somete a esfuerzo.

Si el material que rodea al agujero se calienta (como en una soldadura), se introduce un riesgo adicional de falla porque ocurrirá envejecimiento por deformación en materiales que sean susceptibles a esto. El resultado será una pérdida de ductilidad.

El corte con cizalla tiene casi los mismos efectos del punzonamiento. Obsérvese también que el fresado brusco puede producir los mismos efectos que el corte con cizalla o el punzonamiento.

3.2.6.10.5 Efectos de la soldadura sobre la fractura frágil

Rara vez ocurren fallas de servicio. Si se presenta una fractura, ésta se inicia en un defecto similar a una muesca. Las muescas se presentan por diversas razones:

- El borde de la soldadura puede formar una muesca natural.
- La soldadura puede contener fisuras que actúan como muescas.
- Un golpe del arco de soldar en el metal base puede tener un efecto fragilizante, especialmente si no se deposita metal de aporte.

Una grieta iniciada en este tipo de muescas se propagará a lo largo de una trayectoria determinada por los esfuerzos locales y la tenacidad de la muesca del material adyacente.

El precalentamiento antes de soldar minimiza el riesgo de falla frágil. Su efecto inicial es reducir el gradiente de temperatura entre la soldadura y el metal base adyacente. De esta manera hay menor posibilidad de agrietamiento durante el enfriamiento y hay una oportunidad para que escape el hidrógeno atrapado, el cual representa una posible fuente de fragilización.

Un efecto consecuente del precalentamiento es la mejora de la ductilidad y la tenacidad de la muesca de los metales base y de aporte y una menor temperatura de transición de la soldadura.

El enfriamiento rápido de una soldadura puede tener un efecto adverso. Una razón para que los golpes de arco que no depositan metal de aporte sean peligrosos, es que el metal calentado se enfría rápidamente, esto ocasiona una fragilización severa.

A veces las soldaduras se martillan para impedir que haya grietas o distorsión. Por lo común las especificaciones prohíben el martilleo del primer y último pase de soldadura. El martilleo del primer pase puede agrietar o perforar la soldadura y el martilleo del último pase dificulta la inspección de grietas. El martilleo reduce considerablemente las propiedades de tenacidad e impacto del material de aporte. Sin embargo, los efectos adversos se eliminan por la capa de soldadura de cubrimiento (último pase).

3.2.6.10.6 Control de protección contra la fractura frágil

La fractura frágil se evita dependiendo del estado de esfuerzos y la temperatura que actúa sobre la estructura metálica, como son:

1. Estado de esfuerzos y temperatura.

- Evitar someter la estructura a altos esfuerzos de tensión.
- Evitar utilizar aceros con elevados porcentajes de carbono.
- Evitar la aplicación rápida de las cargas.
- Eliminar la presencia de muescas.
- Utilizar aceros resistentes a temperaturas bajas, como los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA).
- Realizar tratamientos térmicos de alivio de tensiones residuales.

3.2.6.11 PROTECCIÓN CONTRA LA FATIGA DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.6.11.1. Fatiga

Se designa con el nombre de fatiga al fenómeno consistente en la falla o ruptura de un miembro estructural bajo un esfuerzo considerablemente menor que su resistencia a la tensión o a la fluencia, cuando está sujeto a cargas cíclicas o repetitivas.

3.2.6.11.2 Importancia de la fatiga

La fatiga se presenta en estructuras que están sometidas a cargas móviles, tales como puentes o grúas viajeras. La fatiga empieza a manifestarse en regiones en las que existe concentración de esfuerzos, la que causa una grieta diminuta. Esta pequeña grieta se va extendiendo o propagándose a las regiones circundantes, bajo el efecto de los ciclos de carga acumulados en el puente a lo largo de un extenso período de tiempo, hasta que la resistencia estática de la estructura disminuye a tal grado que falla repentinamente, como si estuviese sometida a carga estática.

Las concentraciones de esfuerzos tienen un efecto relativamente reducido sobre la resistencia estática de las estructuras, si el material del que está hecha es lo suficientemente dúctil. Pero cuando esta concentración de esfuerzos se combina con la acción de cargas repetitivas, la resistencia de la estructura en el punto de la concentración de esfuerzos se ve materialmente reducida. Por este motivo las soldaduras y las conexiones que tengan agujeros son intrínsecamente débiles cuando se someten a esfuerzos repetitivos, puesto que en algunas ocasiones resulta difícil, sino imposible, evitar la concentración de esfuerzos en las conexiones estructurales. Las conexiones soldadas por acción del calor se vuelven frágiles y los efectos de la fatiga son más severos.

El mecanismo de falla por fatiga da lugar a que la apariencia de la parte donde se inició la grieta se pueda distinguir generalmente de la zona de aspecto cristalino que se fractura al final.

Los factores principales asociados con las fallas por fatiga pueden resumirse como:

- Un número grande de ciclos de carga.
- Un amplio rango de variaciones de esfuerzo.
- Un esfuerzo elevado en un miembro con un rango pequeño de esfuerzos durante las cargas cíclicas.
- Concentraciones locales de esfuerzo debidas a detalles de diseño y fabricación.

3.2.6.11.3 Variables que producen fatiga

Las variables en las cargas repetidas son:

- a. Tipo de estructura.
- b. Tipo de carga.
- c. Esfuerzos máximos.
- d. Esfuerzos mínimos.
- e. Frecuencia del ciclo de esfuerzos.
- f. Continuidad de la carga.

Para una variación dada de esfuerzo es posible determinar el número de ciclos para el que se presenta la falla en un espécimen determinado.

Usualmente existe un valor de esfuerzo máximo, llamado límite de fatiga, para el cual no ocurre la falla aun con un número extremadamente alto de ciclos.

3.2.6.11.4 Factores que afectan la resistencia a la fatiga

Existen muchos factores que afectan la resistencia a la fatiga de un miembro o conexión y son:

1. Material.

- Propiedades mecánicas.
- Acabado superficial.
- Esfuerzos residuales.
- Tamaño del grano.

2. Diseño.

- Discontinuidades geométricas.
- Tipo y magnitud de las cargas repetitivas y de los esfuerzos resultantes.
- Velocidad de aplicación de la carga.
- Esfuerzo máximo.
- Relación de esfuerzos.
- Tamaño del miembro.
- Concentración de esfuerzos.

3. Fabricación.

- Técnicas de soldadura.
- Prácticas de taller.

4. Montaje.

- Esta fase no debe introducir ningún concepto nuevo durante el proceso de montaje.
- El mismo cuidado y atención requeridos en la fabricación se requiere también aquí.

5. Operación.

- En la selección del material debe tenerse en cuenta el uso de la estructura en temperaturas extremas.
- Debe considerarse la operación de estructuras tales como puentes, equipo o material rodante, en temperaturas extremas de frío y calor.

3.2.6.11.5 Resistencia a la fatiga de conexiones remachadas

La resistencia de las conexiones remachadas bajo cargas repetidas es mucho menor que bajo carga estática.

La resistencia de las conexiones remachadas sometidas a carga estática excede considerablemente los valores permisibles, Sin embargo, bajo cargas repetidas, las concentraciones de esfuerzos existentes en las conexiones remachadas pueden ocasionar la falla a esfuerzos nominales relativamente bajos, siempre que el rango de esfuerzos y el número de repeticiones de la carga excedan los valores límites.

Los factores que afectan la resistencia a la fatiga de una conexión remachada sometida a un determinado tipo de carga son:

- El número de ciclos de carga.
- Las fuerzas de apriete de los remaches.
- El grado en que los remaches llenan los agujeros.
- La longitud de agarre.
- La forma en que los remaches están distribuidos en la conexión.

3.2.6.11.6 Resistencia a la fatiga de conexiones soldadas

Las pruebas indican que las fallas por fatiga en una junta soldada pueden ocurrir por alguno de los siguientes motivos:

- Falla en el metal depositado.
- Falla en la línea de fusión.
- Falla en la zona afectada por el calor.
- Falla en el borde de la soldadura.

La resistencia al impacto de las estructuras es a menudo relacionada con la resistencia a la fatiga y ambas se consideran relacionadas también con la fragilidad. En general, las estructuras soldadas en servicio tienen una buena resistencia al impacto, pero esta resistencia es probablemente inferior a la de las estructuras remachadas, debido a que en las estructuras soldadas una porción considerable de

la energía del impacto debe ser absorbida por la deformación elástica o plástica de las partes cercanas a las soldaduras, mientras que en las remachadas, el deslizamiento de los remaches absorbe parte de la energía con un mínimo de daño estructural.

3.2.6.11.7 Daños acumulados por fatiga

En las estructuras, los rangos de carga no son constantes y no se aplican a intervalos regulares, sino que, las cargas y las relaciones de esfuerzos resultantes en los miembros varían considerablemente.

Se han efectuado pruebas de laboratorio para evaluar el efecto del sobreesfuerzo y del sub esfuerzo en el límite de fatiga del material, los estudios indican que el daño aumenta al crecer el número de ciclos de sobreesfuerzo aplicado, otros demuestran que un gran número de ciclos de esfuerzo, precisamente por debajo del límite de fatiga, seguidos por esfuerzos que van aumentando en incrementos pequeños conforme se repiten, producen un incremento substancial en la resistencia a la fatiga. A este último proceso se la conoce como adulación.

3.2.6.11.8. Control de protección contra la fatiga

La fatiga en las estructuras metálicas se evita dependiendo de los factores como:

1. Material.

- Utilizar aceros con mejores propiedades mecánicas.
- Mejorar el acabado superficial.
- Disminuir los esfuerzos residuales mediante tratamientos térmicos.
- Controlar el tamaño del grano en el proceso de soldadura.

2. Diseño.

- Disminuir las discontinuidades geométricas.
- Controlar el tipo y magnitud de las cargas repetitivas y de los esfuerzos resultantes.
- Reducir la velocidad de aplicación de la carga.
- Utilizar el tamaño del miembro más idóneo.
- Disminuir la concentración de esfuerzos.

3. Fabricación.

- Mejorar las técnicas de soldadura.
- Mejorar las prácticas de taller.

4. Montaje.

- Realizar un montaje adecuado y cuidadoso.

5. Operación.

- Debe tenerse en cuenta el uso de películas protectoras para las estructuras que estén sometidas a temperaturas extremas.
- Debe considerarse la operación de estructuras que estén expuestas a temperaturas extremas de frío y calor.

3.2.6.12 NORMALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.6.12.1 ACEROS ESTRUCTURALES PARA PUENTES COLGANTES CON

ESTRUCTURA DE ACERO

Todo tipo de acero estructural será de preferencia del tipo de Soldabilidad Garantizada, en la Norma INEN se reconocen los siguientes tipos:

- ASTM A37E/ES.
- ASTM A42E/ES.
- ASTM A52E/ES.

Los aceros estructurales son empleados en:

- Torres.
- Tableros.
- Vigas de rigidez.
- Armaduras de rigidez.

- Pendolones.
- Sistema de anclaje.

Los aceros estructurales son:

- Aceros estructurales al carbono.
- Aceros de alta resistencia y baja aleación.
- Aceros al carbono tratados y templados.
- Aceros de aleación para construcción.

3.2.6.12.2 Aceros estructurales al carbono

Acero empleado para la construcción de puentes y edificios, aunque se desarrolló principalmente para usarse en construcciones remachadas y atornilladas.

- **Acero ASTM A36.**

Punto de fluencia más elevado y un contenido de carbono adecuado para propósitos de soldadura.

3.2.6.12.3 Aceros de alta resistencia y baja aleación

Este grupo de aceros de acuerdo a su composición química, se adaptan a los diferentes requisitos de construcción. La resistencia deseada se obtiene por medio de elementos de aleación. Así, según el caso, puede existir una necesidad específica de un acero para construcción remachada, atornillada, soldada, resistente a la corrosión y que tenga al mismo tiempo, características de soldabilidad adecuadas.

- **Acero ASTM A440.**

Acero económico para construcción remachada y atornillada.

- **Acero ASTM A441.**

Acero para construcción soldada.

- **Acero ASTM A242.**

Acero de alta resistencia a la corrosión, bajo condiciones Atmosféricas.

3.2.6.12.4 Aceros al carbono tratados y templados

Algunos de estos aceros son propiedad de empresas fundidoras y hasta la fecha no se les ha asignado una clasificación en la ASTM.

Son aceros que se los obtiene por medio de procesos de templado y tratamiento térmico.

3.2.6.12.5 Aceros de aleación tratados y templados

Estos aceros requieren, además del carbono, de varios elementos de aleación y de tratamientos térmicos para obtener sus elevadas resistencias de fluencia y de tensión.

Aceros de aleación tratados y templados.

Son aceros soldables y tienen una alta resistencia a la corrosión atmosférica.

3.2.6.12.6 ACEROS PARA ALAMBRES Y CABLES EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Los alambres y cables son utilizados para aplicaciones estructurales.

Los cables de alambres con núcleo de fibra se emplean casi totalmente para propósitos de izaje, los torones y cables con núcleos de torones o núcleos independientes de cable de alambre son los que se usan para aplicaciones estructurales.

Alambre galvanizado para puentes.

Aunque pueden usarse varios tipos de acero, es el más común para aplicaciones estructurales y también se usa para hacer torones y cables para puentes.

El alambre para puentes usado en torones y cables está galvanizado con un recubrimiento mínimo requerido, que depende del diámetro.

3.2.6.12.7 ACEROS PARA REMACHES EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Existen tres especificaciones ASTM que cubren los aceros para remaches.

- **Acero Estructural para Remaches ASTM A141.**

Se lo emplea con fines estructurales.

- **Acero Estructural de Alta Resistencia para Remaches ASTM A195.**

Es adecuado para utilizarse con acero estructural al silicio (ASTM A94) y aceros equivalentes.

- **Acero Estructural de Aleación de Alta Resistencia para Remaches ASTM A502.**

Es adecuado para acero ASTM A242 y equivalentes.

3.2.6.12.8 ACEROS PARA TORNILLOS EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Existen cuatro tipos de aceros para tornillos que se usan con propósitos estructurales, designados por la ASTM como:

- **Acero ASTM A325.**

Tornillos de Acero de Alta Resistencia para Juntas Estructurales.

- **Acero ASTM A354 Grado BC.**

Tornillos y vástagos con tuerca adecuadas de Acero de Aleación Templado y Tratado.

- **Acero ASTM A307.**

Sujetadores de Acero al Bajo Carbono, Roscados Interna y Externamente.

- **Acero ASTM A490.**

Tornillos de Acero de Aleación Templado y Tratado para Juntas Estructurales

de Acero.

Las propiedades de resistencia de estos aceros son iguales o mayores que las del tipo de acero estructural para la cual se recomiendan.

3.2.6.12.9 ACEROS PARA METAL DE APORTACIÓN PARA SOLDADURA EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

Los electrodos para la soldadura de arco metálico con atmósfera de protección para aceros al carbono y aceros de baja aleación se describen en las especificaciones ASTM:

- **Acero ASTM A233.**

Electrodos de Acero Dulce Cubiertos para Soldadura de Arco.

- **Acero ASTM A316.**

Electrodos de Acero de Baja Aleación Cubiertos para Soldadura de Arco.

Para aplicaciones estructurales se usan las series de electrodos E60 y E70 en soldaduras manuales de arco metálico con atmósfera protectora.

Los electrodos desnudos y el fundente granular que se emplean en el proceso de arco sumergido cumplen con los requisitos de los Grados SAW-1 y SAW-2. Electrodos de Acero de Baja Aleación Cubiertos para Soldadura de Arco.

Para aplicaciones estructurales se usan las series de electrodos E60 y E70 en soldaduras manuales de arco metálico con atmósfera protectora.

Los electrodos desnudos y el fundente granular que se emplean en el proceso de arco sumergido cumplen con los requisitos de los Grados SAW-1 y SAW-2.

**3.2.6.12.10 TIPOS Y USOS DEL CONCRETO ARMADO EN UN
PUENTE COLGANTE CON ESTRUCTURA DE ACERO**

**3.2.6.12.10.1 Torres prefabricadas y elementos estructurales de
concreto de Cemento Pórtland**

Clase	Tipo concreto	Relación agua/cemento	Uso general
A	Estructura especial	0.44	Puentes
B	Estructural	0.58	Losas, columnas, estribos y muros
C	Para elementos que trabajan a tracción	0.46	Pavimentos rígidos
D	Para compactar con rodillo o con pavimentadora	0.36	Pavimentos
E	No estructural	0.65	Bordillos y contrapisos
F	Ciclópeo	0.70	Muros, estribos y plintos no estructurales
G	Relleno fluido	-	Rellenos para nivelación, zanjas y excavaciones. Bases de pavimentos

Tabla 04: Clases y usos del concreto de Cemento Portland.

El concreto de Cemento Portland que se utiliza en las estructuras es el Clase A, a menos que se señale otra cosa en las especificaciones respectivas.

Agregados para el hormigón

Son materiales granulares que resultan de la disgregación y desgaste de las rocas o que se obtienen mediante la trituración de las mismas.

Arido (agregado)	Tipo
Arido grueso	Sus partículas son retenidas por el tamiz INEN 4.75 [mm] (Nº 4)
Arido fino	Sus partículas atraviesan el tamiz INEN 4.75 [mm] y son retenidas por el tamiz INEN 75 [mm] (Nº 200)

Tabla 05: Agregados para el concreto armado de Cemento Portland.

La mezcla del concreto debe ser de 1 parte de cemento y 2 partes de arena o agregado aproximadamente.

Aditivos para el concreto.

Son materiales que modifican las propiedades del hormigón cuando este se encuentra en estado fresco, de fraguado y endurecido.

Según el efecto en la mezcla, se tienen los siguientes tipos de aditivos:

- Acelerante.
- Retardantes de fraguado.
- Reductores de agua.
- Reductores de agua de alto rango.
- Reductores de agua y acelerantes.
- Reductores de agua y retardantes.
- Reductores de agua de alto rango y retardantes.
- Inclusores de aire.
- Impermeabilizantes.

Torres y elementos de concreto fundidos en sitio

Por lo general las torres moldeadas en el lugar de la obra serán construidas empleando encofrado metálico, el mismo que quedará permanentemente en el sitio de la obra.

El concreto debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Debe tener una trabajabilidad adecuada para garantizar una absoluta continuidad en su ejecución, aún si se emplean moldes recuperables.
- Debe presentar una adecuada resistencia al ataque químico del terreno circundante, para lo cual se exigirá el empleo de cemento Portland resistente a los sulfatos.
- Proteger los moldes que permanezcan enterrados y sean fijos.

Vaciado del concreto.

Las consideraciones para en vaciado del hormigón son:

- Colocar y sostener los encofrados. Estos soportes se los retira después de que el hormigón ha fraguado.
- Limpiar previamente el interior de los encofrados y eliminar toda clase de desechos.
- El vaciado sólo debe hacerse en horas del día y sólo con la autorización del fiscalizador se puede realizar en horas de la noche, siempre y cuando la iluminación sea la adecuada.
- El concreto de debe colocar de manera que se obtenga una masa densa y uniforme, evitando las filtraciones.
- El concreto debe vaciarse lo más exactamente posible en su posición definitiva.
- El concreto no puede caer libremente más de 1.2 [m] y ser lanzado por más de 1.5 [m].
- Las capas no deberán exceder de 15 a 20 [cm] de es pesor para miembros reforzados y de 45 [cm] para trabajos en masa. Cada capa se compactará antes de que la anterior haya fraguado.
- El concreto fresco deberá ser vibrado para que el vertido sea homogéneo, el número de equipos vibradores debe ser el adecuado y deben estar dentro de la capa fresca. Las vibraciones deben tener una frecuencia mayor a 4500 impulsos por minuto.
- La temperatura del concreto colocado en sitio no debe exceder los 29 °C, para formaciones monolíticas, no debe exceder los 24 °C.
- El concreto debe ser depositado empezando en el centro de la luz y terminar

en los extremos.

- En vigas, el concreto será colocado en capas uniformes, horizontales y continuas a lo largo de toda su longitud.
- El fondo de las cimentaciones bajo ningún concepto debe contener agua.

Corrección de fisuras superficiales en el hormigón

Para corregir estas fisuras se debe hacer lo siguiente:

- Eliminar las causas que produjeron estas fisuras.
- Eliminar todo el hormigón que esté dañado.
- Limpiar la fisura con un chorro de aire a presión si es pequeña y si es grande esto se lo hace con métodos especiales.
- Antes de ser corregida la falla, el hormigón debe estar totalmente seco.
- El relleno de la fisura se lo hace con resinas epóxicas mediante inyección.
- Cuando se prevé que el elemento va a estar sometido a deformaciones con cierta continuidad, se rellenan las fisuras con productos plásticos que permiten pequeños movimientos del hormigón sin que se rompa. La aplicación de estos productos puede hacerse en frío o caliente y son una mezcla de caucho y asfalto.
- Se puede rellenar una fisura con mortero (1 parte de cemento Portland y 2.5 partes de arena que pasa por el tamiz de 1.18 [mm]). La ligación del mortero con el hormigón se mejora con el empleo de resinas epóxicas y látex.
- Las fisuras mayores se pueden rellenar con mortero epóxico (resina y arena normalizada en proporciones de 1 a 3).

Corrección de huecos superficiales en el hormigón

Para corregir estos huecos se debe hacer lo siguiente:

- Humedecer la superficie del hueco.
- Rellenar el hueco con mortero de consistencia seca (1 parte de cemento y 2 partes de arena que pasa por el tamiz de 1.18 [mm]). Después se hace el curado del cemento y se recomienda usar cemento blanco.

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para el hormigón armado debe ser:

- Laminado en caliente.
- Torcido en frío
- **Acero ASTM A615 grado 300/400, ASTM A616 grado 400 y ASTM A706 grado 400.**
Barras corrugadas.
- **Acero ASTM A617 grado 400.**
Barras corrugadas rectas y no dobladas.
- **Acero ASTM A36.**
Barras lisas.
- **Acero ASTM A675 grado 550, ASTM A615 y ASTM A617 grado 300.**
Barras para refuerzo en espiral.
- **Acero ASTM A675.**
Alambres lisos.
- **Acero ASTM A496.**
Alambres corrugados.
- **Acero ASTM A185 y ASTM A495.**
Mallas de alambre.

3.2.6.13 ALMOHADILLAS ELASTOMÉRICAS O NEOPRENOS

El material de las almohadillas es:

ASTM D412 grado 60/70.

Los neoprenos de un puente deben ser:

- Fundidos de una sola capa si su espesor no excede de 25 [mm].
- Para espesores mayores a 25 [mm], las almohadillas serán fabricadas de capas alternadas de material elastomérico, láminas de metal y un ligante.
- Las dimensiones de las almohadillas no podrán variar en ± 3 [mm] de las especificadas en los planos.

- Las almohadillas de menos de 25 [mm] que no contengan láminas de metal, deberán ser moldeadas en una sola pieza.
- Las almohadillas que no contengan láminas de metal y sean de espesores mayores a 25 [mm] se fabricarán recortando láminas más grandes, el corte debe hacerse de forma que evite el calentamiento y el desgarre del material.
- Cuando los bordes de las almohadillas sean redondeados, el radio en los bordes no excederá los 3 [mm] y en las esquinas no excederá los 9.5 [mm].
- Las láminas del metal deben ser de acero dúctil laminado de espesor no menor al del calibre 20.
- Las láminas del ligante deben ser de polímero sintético de cadena larga y deben poseer la misma resistencia a lo largo y ancho.
- El material elastomérico deberá contener como mínimo un 60 % de neopreno.

3.2.6.14 CONTROL DE CALIDAD EN PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

El control de calidad asegura:

- Reparaciones de alta calidad.
- Estándares exactos.
- Máxima disponibilidad.
- Extensión del ciclo de vida del equipo.
- Tasas eficientes de producción del equipo.

Usualmente las estructuras metálicas tienen un funcionamiento excelente cuando se utilizan procedimientos y normas adecuadas. Sin embargo, no es suficiente confiar en el factor humano que interviene en la construcción de estructuras, sino que debe mantenerse una inspección adecuada de todos los elementos estructurales y funcionales, para asegurarse de que estén desarrollando un trabajo satisfactorio.

Existen varios métodos disponibles para la inspección de las estructuras metálicas, los cuales se detallaran en las páginas siguientes.

3.2.6.15 MÉTODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PUENTES COLGANTES DE ESTRUCTURA METÁLICA

Los programas de mantenimiento preventivo tienen que cumplir con:

- Visitas.
- Inspecciones.
- Pruebas.
- Rutinas.
- Reemplazo o reconstrucción.

3.2.6.16 VISITAS

Comprende la lista de lugares o sitios a los que debe dirigirse el personal de mantenimiento para determinar las labores o trabajos que hay que realizar en las estructuras.

Estas visitas se hacen con pocos días de anticipación a la fecha de ejecución del mantenimiento.

En las visitas programadas por medio de la inspección y pruebas, se determinan las operaciones o rutinas a realizar que pueden o no necesitar cambio de partes o miembros.

3.2.6.17 INSPECCIONES

- Comprende el control por medio de algún tipo de instrumento o medida, para establecer nuevamente las cualidades de trabajo de los elementos estructurales.
- Las inspecciones comprenden revisiones de los elementos estructurales, funcionales y de seguridad de las estructuras metálicas.
- El aseo tiene que ser inspeccionado con cierta frecuencia.

3.2.6.18 PRUEBAS

Todos estos métodos requieren que la supervisión sea efectuada por personal competente que pueda verificar los resultados.

Los métodos de prueba disponibles para inspeccionar las estructuras metálicas son:

- Método visual.
- Método de partículas magnéticas.
- Método de tintas penetrantes.
- Método ultrasónico.
- Método radiográfico.

3.2.6.18.1 Método visual

Es el método más simple y requiere una persona competente que observe toda la estructura mientras ésta cumple con su función. Es el método más rápido y económico.

3.2.6.18.2 Método de partículas magnéticas

En este método se colocan limaduras de hierro sobre un elemento de la estructura y se sujetan a una corriente eléctrica, las configuraciones adoptadas por las limaduras indicarán la presencia de grietas a un observador experimentado.

Se debe inspeccionar adecuadamente cada una de las partes críticas de los elementos estructurales.

Este método es muy útil para examinar las soldaduras.

3.2.6.18.3 Método de tintas penetrantes

Este método consiste en aplicar una tinta a la superficie del elemento estructural, esta tinta penetra en las grietas que puedan existir. Se elimina el sobrante y se coloca un material absorbente sobre los elementos. La cantidad de tintura que brote

fuera de las grietas indicará su profundidad.

Este método es muy útil para examinar las soldaduras.

3.2.6.18.4 Método ultrasónico

Un desarrollo reciente en la fabricación del acero también es aplicable a la inspección de los elementos estructurales.

Los equipos que se requiere tenían un alto costo, pero en la actualidad hay equipos muy compactos y de bajo costo.

En este método se envían ondas de sonido a través del material y los defectos afectan el intervalo de tiempo de la transmisión del sonido, el cual identificará los mencionados defectos.

3.2.6.18.5 Método radiográfico

Este método usa un equipo de rayos X o rayos Gamma para reproducir la figura de las estructuras (soldaduras especialmente) sobre una película.

Se aplica mejor esta técnica en las soldaduras a tope, en donde la fotografía mostrará únicamente el material de aportación. No es adaptable a soldaduras de filete, porque el metal base también se proyectará en la fotografía.

El uso de esta técnica en campo está limitado por los espacios libres requeridos para el equipo y la película.

Estos métodos de prueba no destructivos pueden usarse para suplementar la inspección visual o para una revisión aleatoria de los procedimientos de soldadura.

3.2.6.19 RUTINAS

3.2.6.19.1 Acero expuesto a la intemperie que no requiere pintura

Los aceros más comunes que están expuestos a la intemperie y no requieren pintura son:

- Acero ASTM A588.
- Acero ASTM A242.

Estas clases de acero mientras conserven la cascarilla de laminación, no tendrán un color uniforme.

Si estos aceros se limpian con un chorro de arena a presión hasta lograr eliminar la cascarilla (el metal queda casi blanco), el metal expuesto forma un revestimiento de óxido firmemente adherido (característico de este tipo de aceros), el cual con el tiempo tendrá un color uniforme.

3.2.6.19.2 Acero expuesto a la intemperie que requiere limpieza para pintura

Donde los grados de acero con autoprotección ambiental no son apropiados, sólo sistemas de pintura de alta calidad deben especificarse para la protección de los puentes. Las recomendaciones de los sistemas de pintura cambian periódicamente, debido ante todo a la necesidad de considerar los impactos ambientales y a la salud.

Preparación y limpieza de la superficie

El acero que va a pintarse debe limpiarse por completo de cualquier cascarilla de laminación y óxidos sueltos, de suciedad y otras materias extrañas.

La limpieza de la superficie se la hace mediante los métodos de:

- Chorro de arena a presión.
- Limpieza con granalla.
- Decapado con ácido.
- Limpieza a mano (con cepillo).
- Limpieza con máquina.
- Limpieza con llama.
- A menos que el fabricante hubiese especificado lo contrario, la limpieza del acero estructural se hace comúnmente con un cepillo de alambre.

- Ya que la preparación de la superficie es el factor más importante de los que afectan el comportamiento de la pintura en las superficies del acero estructural, es común que se especifique limpieza con chorro de arena a presión como medio de eliminar toda la cascarilla de laminación para el acero que va a ser expuesto. La limpieza con chorro de arena a presión, es la manera preferida de preparar la superficie del acero expuesto.

A menos que el fabricante hubiese especificado lo contrario, la limpieza del acero estructural se hace comúnmente con un cepillo de alambre.

Ya que la preparación de la superficie es el factor más importante de los que afectan el comportamiento de la pintura en las superficies del acero estructural, es común que se especifique limpieza con chorro de arena a presión como medio de eliminar toda la cascarilla de laminación para el acero que va a ser expuesto. La limpieza con chorro de arena a presión, es la manera preferida de preparar la superficie del acero expuesto.

La cascarilla de laminación que se forma sobre el acero estructural después del laminado en caliente, protege el acero de la corrosión pero solo mientras esta cascarilla permanezca intacta y adherida firmemente al acero. Sin embargo, esta cascarilla rara vez se encuentra intacta en razón del deterioro causado por las operaciones de fabricación.

El desprendimiento total o parcial de la cascarilla de laminación, ocasiona un tipo de falla en la pintura que provocará que el acero se empiece a corroer y desgastar.

Sistemas de pintura

Los sistemas de pintura se clasifican dependiendo de si el elemento aglutinante contiene o no materiales orgánicos y son:

- Orgánicos.
- Inorgánicos.

Los sistemas de pintura contienen tres elementos principales que son:

- Pigmentos.
- Formadores de película o aglutinantes.

Solventes.

	Ambiente		
Capa	Alta polución y costero	Clima suave	Clima suave y/o repintado de mantenimiento
Imprimante	Zinc inorgánico 3 [mm]	Zinc orgánico 3 [mm]	Aceite/Alkido 2 - 3 [mm]
Capa Intermedia	Epóxico 2 [mm] Imprimante de lavado de vinilo 0.3 – 0.5 [mm]	Epóxico 2 [mm] Imprimante de lavado de vinilo 0.3 – 0.5 [mm]	Aceite/Alkido 2 [mm]
Capa	Epóxico, vinilo o uretano 2 [mm]	Epóxico, vinilo o uretano 2 [mm]	Aceite/Alkido 2 [mm]
Sistema total	5.3 – 7 [mm]	5.3 – 7 [mm]	6 [mm]

Tabla 06: Sistema de recubrimiento y pintura para puentes.

Las pruebas han indicado que las pinturas de vinilo se comportan mucho mejor que las fenólicas en todas las superficies ensayadas.

Cuando se requiere pintura, se aplica en taller un recubrimiento que sirve como base para subsiguientes capas de recubrimiento aplicadas en la obra, esta primera capa está destinada a proteger el acero sólo durante un periodo corto de exposición.

Drenaje y limpieza en general

Para realizar estas labores se recomienda:

- Controlar el drenaje de la vía dirigiendo el drenaje de la calzada fuera de la estructura del puente.
- Limpiar los canales.
- Resellar las juntas del tablero.
- Dar mantenimiento a los sistemas de drenaje del tablero.

3.2.6.20 RECONSTRUCCIÓN O REEMPLAZO

3.3 Cuando un conjunto de elementos no trabaja eficientemente, tiene que procederse al arreglo parcial o total.

3.4 Aunque no se realice el 100 % de intervenciones en las estructuras metálicas, se puede hablar de reconstrucción si se realiza un porcentaje alto de intervenciones.

3.5 Las reconstrucciones cuando logran ser satisfactorias duran un tiempo relativamente largo, es decir, duran menos que el tiempo de vida útil de la estructura.

3.2.6.21 COSTOS DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.2.6.21.1 COSTO - BENEFICIO DEL MANTENIMIENTO

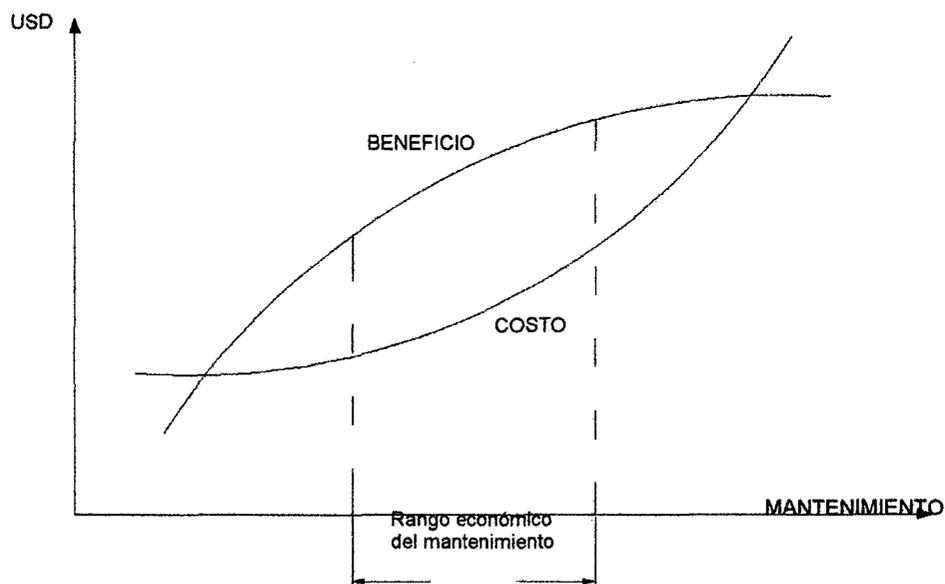


Figura 10: Costo - Beneficio del mantenimiento.

3.2.6.21.2 COSTOS DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

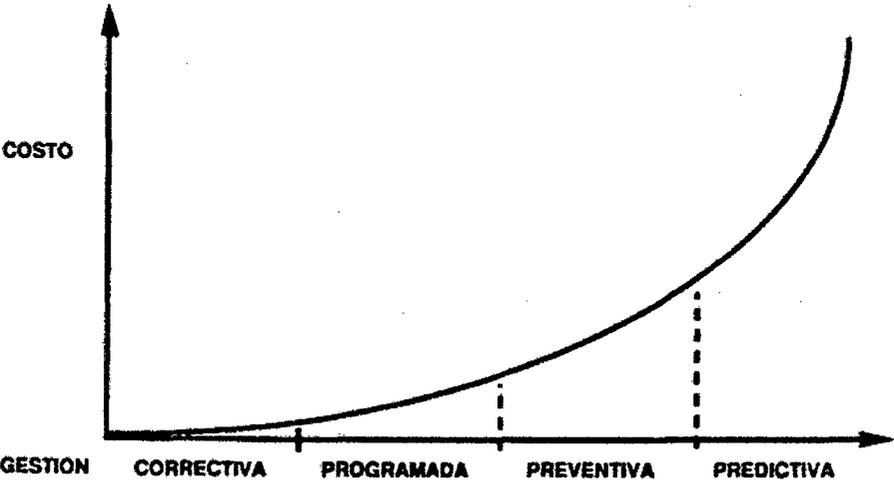


Figura 11: Costos de la gestión del mantenimiento.

3.2.6.21.3 COSTOS NORMALES DEL MANTENIMIENTO

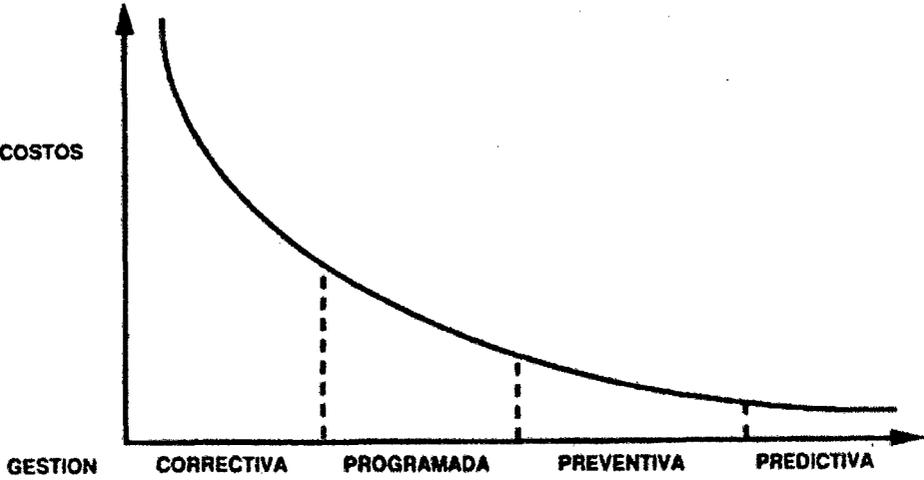


Figura 12: Costos normales del mantenimiento.

3.2.6.21.4 COSTOS TOTALES DEL MANTENIMIENTO

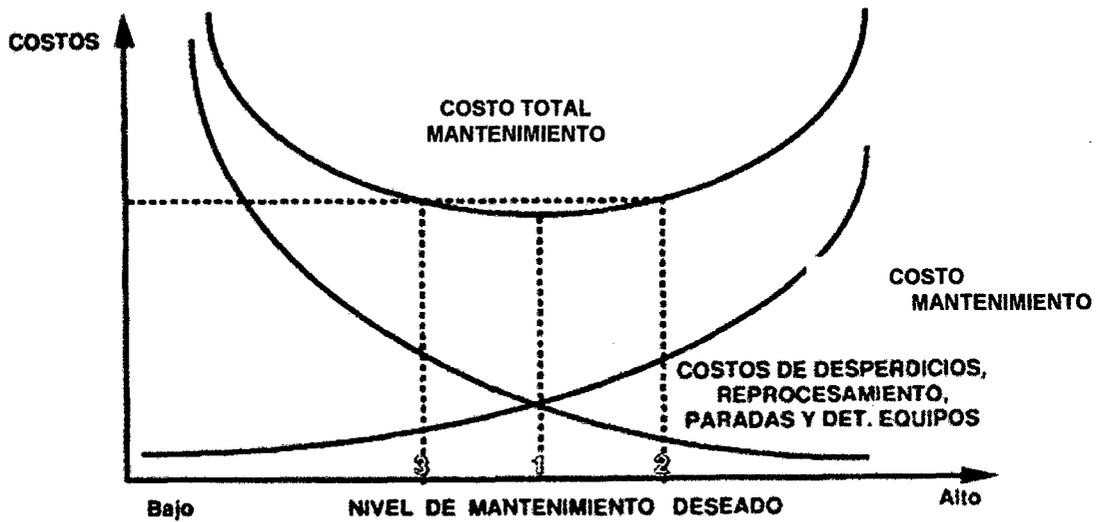


Figura 13: Costos totales del mantenimiento.

3.2.6.21.5 NIVELES DE COSTOS

COSTOS GESTION	Materiales y Repuestos	Mano O. Directa	Mano O. Indirecta
Correctiva	Alto: elevados inventarios y materiales imprevistos	Alto en mano de obra genérica y baja la especialización	Muy alto: aparece mucho imprevisto
Programada	Moderado ya que con antelación se sabe el nivel de uso	Media alta en la genérica y media baja especializada	Moderados ya que disminuyen imprevistos
Preventiva	Moderado bajo ya que hay más control	Baja la genérica Moderada especializada	Relativamente muy baja
Predictiva	Se reducen a su mínimo nivel	Mínima genérica Alta especializada	Mínima

Tabla 14: Niveles de costos

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.0 UBICACIÓN DE ELEMENTOS Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.1 UBICACIÓN DE ELEMENTOS EN LOS PUENTES COLGANTES

Se ha propuesto un sistema de ubicación de los elementos que consiste en:

1. Pararse al inicio del puente e indicar que ciudad está delante de él.
2. Numerar los elementos del lado izquierdo, de principio a fin y luego los elementos de la derecha de la misma forma.
3. El responsable, se registrará a los datos de la estructura del puente para dar una mayor precisión, como la ubicación de los elementos correspondiente a algún tramo en particular.

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO

El cronograma de actividades consiste en dos partes, las cuales, se realizan de manera independiente y a diferentes tiempos. La ventaja de este sistema radica en que puede ser implantado en empresas públicas o privadas.

4.2.1 Primera etapa

La primera etapa del cronograma consta de:

- Inspección visual de cada elemento del puente, verificando así su estado y calificándolos según las hojas de inspección diseñadas en los Procedimientos de Mantenimiento de los Elementos Estructurales, Funcionales y de Seguridad de Puentes Colgantes con Estructura de Acero.
- Realizar ensayos no destructivos en los puntos claves de la estructura de acero y en los demás elementos que a criterio del ingeniero presenten dudas.
- Llenar el Resumen de Tareas a Ejecutar en el Proceso de Mantenimiento con los resultados obtenidos.

4.2.2 Segunda etapa

Esta etapa abarca la ejecución propiamente dicha del mantenimiento; partiendo del Resumen de Tareas a Ejecutar en el Proceso de Mantenimiento se realizará las labores especificadas en las Rutinas de los Procesos de Mantenimiento.

El tiempo entre etapas dependerá de las siguientes condiciones:

- Aprobación del presupuesto calculado de los resultados del Resumen de Tareas a Ejecutar en el Proceso de Mantenimiento.
- Entrega de los elementos de reemplazo, sean estos importados o fabricados en el Perú.
- Organización de los recursos humanos y materiales destinados a la ejecución del mantenimiento, como son: mano de obra, equipos, materiales, herramientas, etc.

4.3 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, FUNCIONALES Y DE SEGURIDAD DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

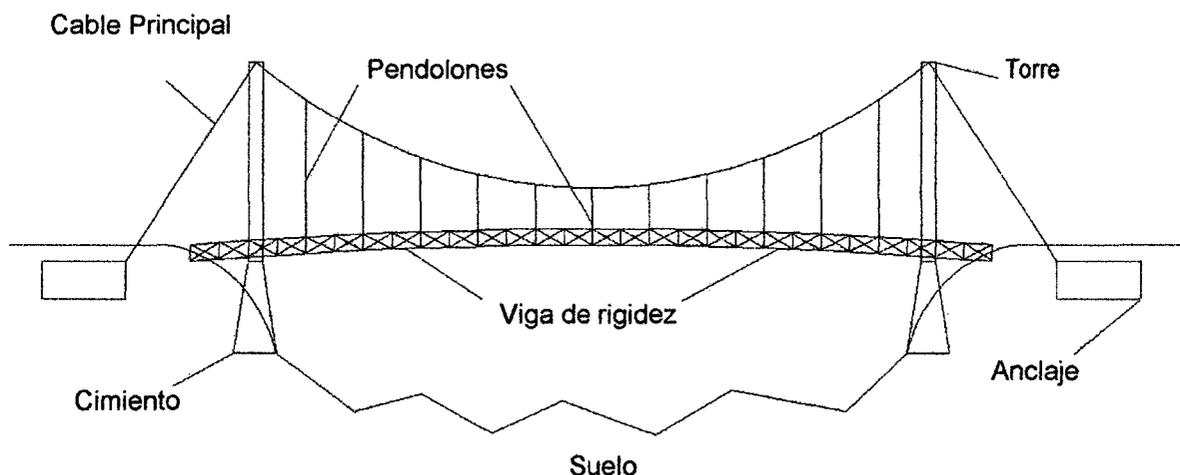


Figura 15: Partes constitutivas de un puente colgante con estructura de acero.

4.4 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE CABLES Y SILLETAS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.4.1 Definición de cable de acero

El cable es un elemento sometido a tracción, es flexible y está estructuralmente formado por varios hilos o alambres de acero entrelazados. El cable transfiere las cargas que soportan los pendolones, hacia las silletas.

4.4.2 Definición de silleta

Son grandes elementos fundidos de acero en una pieza o soldados en partes para reducir peso. En estos elementos se anclan o apoyan los cables del puente y transmiten las cargas que soporta el cable, hacia las torres y anclajes.

4.4.3 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de cables de acero y silletas

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de cables de acero y silletas.
- Dar mantenimiento a estos elementos estructurales del puente colgante para permitirles que desarrollen su vida útil para la que fueron diseñados.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

4.4.4 Alcance del mantenimiento de cables de acero y silletas

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los cables de acero y a las silletas.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con los cables de acero y con las silletas.

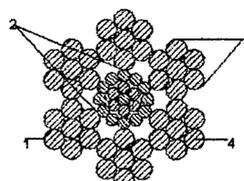
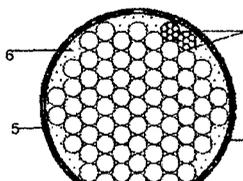
MANTENIMIENTO DE CABLES DE ACERO Y SILLETAS DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

ELABORADO POR:

FECHA: JUNIO/ 2015

ETAPA: Primera

TIPOS DE CABLES DE ACERO (SECCIÓN TRANSVERSAL)

DESCUBIERTO				CUBIERTO			
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Galvanizado	Protección anticorrosiva		5	Membrana sintética	Protección anticorrosiva
	2	Núcleo de acero	Resistencia estructural		6	Relleno sintético	Protección anticorrosiva
	3	Torón estructural	Resistencia estructural		7	Torón estructural, alambres o barras	Resistencia estructural
	4	Alambre o barra	Resistencia estructural		8	Cubierta sintética	Protección anticorrosiva

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DEL CABLE DE ACERO Y SI LLETA

SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN

Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO		RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BUREMA	AMSQ	EN	AMSQ	EN		
1	Galvanizado	Libre de grietas y fisuras						Ingeniero	
2	Alambres o barras	Libres de corrosión y desgaste						Ingeniero	
3	Torones estructurales	Libres de corrosión y desgaste						Ingeniero	
4	Núcleo de acero	Libre de corrosión y desgaste						Ingeniero	
5	Cubierta sintética	Libre de grietas y fisuras						Ingeniero	
6	Membrana sintética	Libre de grietas y fisuras						Ingeniero	
7	Relleno sintético	Libre de grietas y fisuras						Ingeniero	
8	Torones estructurales, alambres o barras	Libre de corrosión y desgaste						Ingeniero	
9	Sistemas de anclaje	Libres de corrosión, desgaste, grietas y fisuras						Ingeniero	
10	Silletas	Libres de corrosión y desgaste						Ingeniero	
11	Conexiones con las péndolas	Bien atornilladas, libres de corrosión y desgaste						Ingeniero	

4.4.5 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE VIGAS DE RIGIDEZ O ARMADURAS DE RIGIDEZ DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.4.5.1 Definición de viga de rigidez y armadura de rigidez

La viga de rigidez, como su nombre lo indica, es un elemento rígido sometido a compresión, la cual puede ser de alma llena (viga con forma de "I") o de celosía (armadura). La viga se localiza entre los bordes laterales del puente. Este elemento soporta todo el tráfico del puente y transfiere la carga a los pendolones.

4.4.5.2 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de la viga de rigidez o armadura de rigidez

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo del elemento de rigidez.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

4.4.5.3 Alcance del mantenimiento de la viga de rigidez o armadura de rigidez

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo al elemento de rigidez.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con el elemento de rigidez.

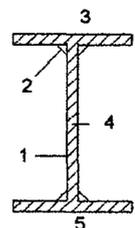
MANTENIMIENTO DE VIGAS DE RIGIDEZ DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

ELABORADO POR:

FECHA: JUNIO / 2015

ETAPA: Primera

TIPOS DE VIGAS DE RIGIDEZ



VIGA DE RIGIDEZ

Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva
2	Soldaduras	Uniones estructurales
3	Patín superior	Resistencia estructural
4	Alma	Resistencia estructural
5	Patín inferior	Resistencia estructural



ARMADURA DE RIGIDEZ

Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
6	Recubrimiento	Protección anticorrosiva
7	Miembros de alma	Resistencia estructural
8	Nudos	Uniones estructurales
9	Elementos longitudinales	Resistencia estructural
10	Arriostramientos	Resistencia estructural
11	Elementos transversales	Resistencia estructural

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA VIGA DE RIGIDEZ

SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN

Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Recubrimiento (viga o armadura)	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
2	Soldaduras	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Perfil estructural	Espesor normal, libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
4	Miembros de alma	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Nudos	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Elementos longitudinales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
7	Arriostramientos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
8	Elementos transversales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
9	Apoyos en las torres	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	

4.4.5.4 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE PÉNDOLAS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.4.5.4.1 Definición de péndolas

Los pendolones son elementos sometidos a tracción y unen la calzada al cable de acero. Los pendolones transfieren las cargas que soporta la calzada, hacia el cable.

4.4.5.4.2 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de los pendolones

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de los pendolones.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

4.4.5.4.3 Alcance del mantenimiento de los pendolones

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los pendolones.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con los pendolones.

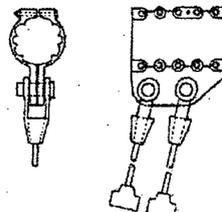
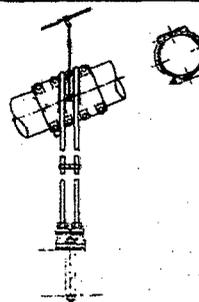
MANTENIMIENTO DE PÉNDOLAS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

ELABORADO POR:

FECHA: JUNIO / 2015

ETAPA: Primera

TIPOS DE SISTEMAS DE PÉNDOLAS

ARREGLO N° 1				ARREGLO N° 2			
	N°	NOMBRE	FUNCIÓN		N°	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva		8	Recubrimiento	Protección anticorrosiva
	2	Pernos de alta resistencia	Uniones estructurales		9	Cable y soporte pasamanos	Inspección
	3	Banda de cable	Resistencia estructural		10	Pernos de alta resistencia	Uniones estructurales
	4	Pasador	Uniones estructurales		11	Abrazadera del cable de acero	Resistencia estructural
	5	Casquillo estándar	Uniones estructurales		12	Torón estructural	Resistencia estructural
	6	Torón estructural	Resistencia estructural		13	Casquillo	Uniones estructurales
	7	Anclaje al elemento de rigidez	Uniones estructurales		14	Anclaje al elemento de rigidez	Uniones estructurales

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PÉNDOLAS

SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN

N°	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIÓN
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Recubrimiento (arreglo 1 o 2)	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
2	Pernos alta resistencia (arreglo 1 o 2)	Bien atornillados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Bandas del cable	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
4	Pasadores	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Casquillos (arreglo 1 o 2)	Sin holguras, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Torones estructurales (arreglo 1 o 2)	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
7	Conexión viga de rigidez (arreglo 1 o 2)	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
8	Cables y soportes pasamanos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
9	Abrazaderas del cable de acero	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	

4.4.5.5 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE TORRES Y CIMIENTOS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.4.5.5.1 Definición de torre

Las torres son elementos rígidos, sometidos a compresión y sirven de apoyo para los cables, en la unión del cable con la torre (silletas) es donde se transfiere la carga. Las torres en determinados casos sirven de apoyo intermedio de la viga de rigidez y transmiten la carga a los cimientos.

4.4.5.5.2 Definición de cimientos

Son las bases que se hallan empotradas en el suelo y es donde las torres se apoyan. Es el sitio final donde se transmiten las cargas que actúan sobre el puente.

4.4.5.5.3 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de torres y cimientos

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de las torres y cimientos.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

4.4.5.5.4 Alcance del mantenimiento de torres y cimientos

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a las torres y cimientos.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con las torres y cimientos.

MANTENIMIENTO DE TORRES Y CIMIENTOS DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

ELABORADO POR:

FECHA: JUNIO / 2015

ETAPA: Primera

TIPOS DE TORRES

DE ACERO				DE HORMIGÓN ARMADO			
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva		7	Columnas estructurales	Protección anticorrosiva
	2	Columnas estructurales	Resistencia estructural		8	Vigas estructurales	Resistencia estructural
	3	Conexiones empernadas	Uniones estructurales		9	Cimientos	Resistencia estructural
	4	Conexiones remachadas	Uniones estructurales				
	5	Arriostramientos	Resistencia estructural				
	6	Cimientos	Resistencia estructural				

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LAS TORRES

SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN

Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIÓN
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Recubrimiento	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
2	Columnas estructurales (acero)	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Conexiones empernadas	Bien atornilladas, libres de grietas y fisuras							Ingeniero	
4	Conexiones remachadas	Bien ajustadas, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Arriostramientos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Cimientos (para acero u hormigón)	Libres de corrosión, desgaste, grietas y fisuras							Ingeniero	
7	Columnas estructurales (hormigón)	Libres de grietas y fisuras							Ingeniero	
8	Vigas estructurales	Libres de grietas y fisuras							Ingeniero	
9	Cimientos con pernos de anclaje (acero)	Bien empotrados, ajustados y libres de corrosión							Ingeniero	

4.4.5.6 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DEL ANCLAJE Y APOYO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.4.5.6.1 Definición de sistema de anclaje

Sistema que une los extremos del cable a la roca natural o artificial.

Este anclaje puede hacerse en la viga de rigidez en los puentes autoanclados. Sobre los anclajes se transfiere parte de la carga que soporta el cable del puente.

4.4.5.6.2 Definición de apoyos

Los puentes son diseñados de modo que puedan tener cierto grado de movimiento, para ello se utilizan juntas de expansión. Para controlar los movimientos, se requiere por lo menos un apoyo fijo en cada luz simple.

4.4.5.6.3 Objetivos del procedimiento de mantenimiento del sistema de anclaje y apoyos

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo del sistema de anclaje y apoyos.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

4.4.5.6.4 Alcance del mantenimiento del sistema de anclaje y apoyos

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo al sistema de anclaje y apoyos.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con el sistema de anclaje.

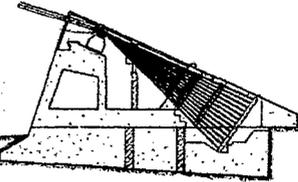
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ANCLAJE Y APOYO DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

ELABORADO POR:

FECHA: JUNIO / 2015

ETAPA: Primera

SISTEMA DE ANCLAJE Y APOYO

SISTEMA DE ANCLAJE				APOYOS			
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Silleta del cable	Unión estructural		6	Cimentación	Resistencia estructural
	2	Barras con ojales	Unión estructural		7	Neoprenos	Amortiguación estructural
	3	Viga de anclaje	Unión estructural		8	Conexiones articuladas	Uniones estructurales
	4	Hormigón armado	Resistencia estructural		9	Conexiones de rodillo	Uniones estructurales
	5	Barras de anclaje	Unión estructural		11	Cuerpo de hormigón armado	Resistencia estructural

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DEL SISTEMA DE ANCLAJE Y APOYOS

SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN

Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Silleta del cable	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
2	Barras con ojales	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Viga de anclaje	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
4	Hormigón armado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
5	Barras de anclaje	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Cimentación	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
7	Neoprenos	Libre de desgaste y grietas							Ingeniero	
8	Conexiones articuladas	Neoprenos libres de desgaste y grietas							Ingeniero	
10	Cuerpo de hormigón armado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	

4.4.5.7 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE NEOPRENOS DE PUENTES COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO

4.4.5.7.1 Definición de neopreno

Son apoyos hechos parcial o totalmente de material elastomérico. Se usan para transmitir las cargas de un miembro estructural a un apoyo, permitiendo movimientos entre el puente y el apoyo.

4.4.5.7.2 Objetivos del procedimiento de mantenimiento de los neoprenos

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de los neoprenos.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

4.4.5.7.3 Alcance del mantenimiento de los neoprenos

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los neoprenos.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con los neoprenos.

Seguridad del Personal Durante la Inspección Generalmente las estructuras de los puentes están a la vista, pero en muchos casos será imposible la observación detallada sin los medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma.

Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación y seguridad del personal de la inspección a las distintas partes de la estructura se incluyen desde los medios básicos (casco, cinturones de seguridad, escaleras, etc.) hasta los sistemas muy complejos como las pasarelas y canastillas desarrolladas para la inspección de puentes, pasando por

sistemas integrados en la propia estructura (agujeros de acceso a pilares huecas, escaleras de acceso y vigas cajón en puentes).

La cara inferior del tablero, es la zona donde suelen concentrarse la mayoría de los problemas y para salvar la dificultad del acceso es necesario contar con medios auxiliares que permitan realizar la auscultación en las máximas condiciones de seguridad para el equipo humano que realiza el trabajo y con la mínima interrupción de la funcionalidad de la vía en la que se encuentra la estructura.

Compete al ingeniero Inspector verificar que el personal a su cargo realice su trabajo con las medidas de seguridad y salubridad mínimas exigibles conforme a la normativa vigente. Para efectuar las inspecciones, se requiere como mínimo, sin ser limitativo, los siguientes equipos y/o herramientas:

a) Herramientas para Limpieza - Cepillo de alambre. - Cinturón de herramientas. - Pala plana. - Chalecos reflectantes. - Casco. - Botas. - Gafas.

b) Herramientas para ayuda visual - Binoculares. - Flexómetro de 5 m. - Wincha de 30 m. - Plomadas. - Nivel de carpintero de 1 m. - Lupas micrométricas. - Vernier. - Medidor de grietas óptico. - Medidor de espesor de pintura. - Termómetro. - Crayola o tiza. - Espejos de inspección. - Tinte penetrante. - Endoscopios.

c) Herramientas para documentación - Cámaras fotográficas. - Libreta de campo. - Video cámara.

d) Herramientas para acceso - Escaleras. - Pasarelas. - Canastillas. - Arneses. - Tilfor. - Poleas. - Chalecos salvavidas. - Correa de seguridad.

e) Herramientas para misceláneas - Caja de herramientas (llaves) - Botiquín de primeros auxilios. - Radios (walkie-talkies) - Linterna. - Martillo, pala plana, destornillador, navaja.

f) Equipo de señalamiento para inspección de calzadas: - Conos de plástico. - Triángulos. GUÍA PARA INSPECCIÓN DE PUENTES 2006 2.0 INSPECCIÓN 11 - y demás señales de seguridad.

g) Equipo para la verificación de los niveles del puente: - Teodolito. - Nivel. - Mira. - Winchas. - Jalones y estacas. - Libreta de campo.

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

Acciones en el campo propiamente dichas:

- a) Se debe verificar la ubicación y nombre del puente programado para su inspección.
- b) Se debe tomar las medidas de seguridad necesarias.
- c) Se debe iniciar la inspección tomando una foto de identificación del puente.
- d) Se debe tomar una fotografía del acceso al Puente.
- e) Se debe inspeccionar y calificar la condición de cada uno de los componentes del puente (estribos, pilares, alas, tablero, losas, vigas, diafragma, elementos de arco, reticulados, elementos de puente colgante, aparatos de apoyo, junta de expansión, superficie de rodadura, aceras, barandas, señalización, accesos, taludes, defensas, cauce, etc.).
- f) Se debe inspeccionar y calificar taludes y obras de protección en los extremos del puente.
- g) Se debe tomar fotografías en los diferentes tipos de estribos y pilares.
- h) Se debe revisar y calificar los pilares, apoyos, el cauce, y la parte de la superestructura.
- i) Se debe tomar una foto de la elevación del puente, en la que se pueda apreciar la subestructura y la superestructura
- j) Al final se debe calificar la condición del puente en general. Finalmente debe asegurarse que todas las partes visibles del puente fueron inspeccionadas y que la documentación del levantamiento de información se encuentra completa y correctamente formulada.

Acciones para detectar daños más comunes. Se debe inspeccionar:

En los componentes de Madera los daños más comunes que son causados por hongos, humedad, parásitos y ataque químico. Deterioros de la madera pueden ser causados por fuego, impactos o colisiones, abrasión o desgaste mecánico, sobreesfuerzos, intemperie y flexiones (combaduras o pandeos).

Estos pueden ser inspeccionados por exámenes visuales y físicos: El examen visual puede detectar pudrición por hongos o humedad, daños por parásitos, excesiva deflexión, grietas, vibraciones y pérdida de conexiones. El inspector investigará visualmente la extensión de los daños y los documentará apropiadamente en los reportes de inspección.

CAPITULO V

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

- **Protocolo de Evaluación de los Puentes Colgantes.**

Se ha propuesto un sistema de ubicación de los elementos que consiste en:

- Pararse al inicio del puente e indicar que ciudad está delante de él.
- Numerar los elementos del lado izquierdo, de principio a fin y luego los elementos de la derecha de la misma forma.
- El responsable, se registrará a los datos de la estructura del puente para dar una mayor precisión, como la ubicación de los elementos correspondiente a algún tramo en particular.

- **Pautas para la Inspección apropiada de los componentes de los Puentes Colgantes**

Las pautas para la Inspección apropiada de los componentes del Puente Colgante se han considerado efectuarla en dos etapas.

Primera etapa

La primera etapa se hará de la siguiente manera:

- Inspección visual de cada elemento del puente, verificando así su estado y calificándolos según las hojas de inspección diseñadas en los Procedimientos de Mantenimiento de los Elementos Estructurales, Funcionales y de Seguridad de Puentes Colgantes con Estructura de Acero.
- Realizar ensayos no destructivos en los puntos claves de la estructura de acero y en los demás elementos que a criterio del ingeniero presenten dudas.
- Llenar el Resumen de Tareas a Ejecutar en el Proceso de Mantenimiento con los resultados obtenidos.

Segunda etapa

Esta etapa abarca la ejecución propiamente dicha del mantenimiento; partiendo del Resumen de Tareas a Ejecutar en el Proceso de Mantenimiento se realizará las labores especificadas en las Rutinas de los Procesos de Mantenimiento.

El tiempo entre etapas dependerá de las siguientes condiciones:

- Aprobación del presupuesto calculado de los resultados del Resumen de Tareas a Ejecutar en el Proceso de Mantenimiento.
 - Entrega de los elementos de reemplazo, sean estos importados o fabricados en el Perú.
 - Organización de los recursos humanos y materiales destinados a la ejecución del mantenimiento, como son: mano de obra, equipos, materiales, herramientas, etc.
- **Condiciones Básicas para el proceso de mantenimiento de los Puentes Colgantes**

1. Procedimiento de mantenimiento de cables de acero y silletas

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de cables de acero y silletas.
- Dar mantenimiento a estos elementos estructurales del puente colgante para permitirles que desarrollen su vida útil para la que fueron diseñados.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

Alcance del mantenimiento de cables de acero y silletas

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los cables de acero y a las silletas.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con los cables de acero y con las silletas.

2. Procedimiento de mantenimiento de la viga de rigidez o armadura de rigidez

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo del elemento de rigidez.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

Alcance del mantenimiento de la viga de rigidez o armadura de rigidez

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo al elemento de rigidez.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con el elemento de rigidez.

3. Procedimiento de mantenimiento de los pendolones

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de los pendolones.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

Alcance del mantenimiento de los pendolones

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los pendolones.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con los pendolones.

4. Procedimiento de mantenimiento de torres y cimientos

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de las torres y cimientos.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

Alcance del mantenimiento de torres y cimientos

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a las torres y cimientos.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con las torres y cimientos.

5. Procedimiento de mantenimiento del sistema de anclaje y apoyos

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo del sistema de anclaje y apoyos.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

Alcance del mantenimiento del sistema de anclaje y apoyos

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo al sistema de anclaje y apoyos.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con el sistema de anclaje.

6. Procedimiento de mantenimiento de los neoprenos

- Disponer de un documento técnico y práctico para realizar un mantenimiento planificado e idóneo de los neoprenos.
- Dar mantenimiento a este elemento estructural del puente colgante para permitirle que desarrolle su vida útil para la que fue diseñado.
- Repotenciar la estructura del puente colgante para que incremente su vida útil.

Alcance del mantenimiento de los neoprenos

- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los neoprenos.
- Dar un mantenimiento planificado e idóneo a los elementos conjugados con los neoprenos.

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COLGANTES EN LA REGIÓN SAN MARTÍN:

Procedimientos de Mantenimiento de los Elementos Estructurales, Funcionales y de Seguridad de Puentes Colgantes con Estructura de Acero:

1. Ubicación De Elementos Y Cronograma De Actividades Del Proceso De Mantenimiento De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero
2. Ubicación De Elementos En Los Puentes Colgantes
3. Cronograma De Actividades Del Mantenimiento
 - ✓ Primera Etapa
 - ✓ Segunda Etapa
4. Procedimiento De Mantenimiento De Cables Y Silletas De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero
5. Procedimiento De Mantenimiento De Vigas De Rigidez O Armaduras De Rigidez De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero
6. Procedimiento De Mantenimiento De Péndolas De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero
7. Procedimiento De Mantenimiento De Torres Y Cimientos De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero
8. Procedimiento De Mantenimiento Del Anclaje Y Apoyo De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero
9. Procedimiento De Mantenimiento De Neoprenos De Puentes Colgantes Con Estructura De Acero

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES:

- Un principio básico para la consecución de una estructura durable consiste en lograr, en la medida de lo posible, el máximo aislamiento respecto al agua. Por ello, todas las medidas que promuevan una evacuación rápida del agua, de manera que esté en contacto con la estructura lo mínimo posible, redundan en su durabilidad. De igual manera, es recomendable minimizar la extensión de las superficies de acero expuesta a la corrosión, reduciendo el número de irregularidades (superposiciones, bordes, esquinas), y disponiendo soldaduras continuas, en general (deberían emplearse soldaduras discontinuas y por puntos únicamente en caso de riesgo insignificante de corrosión).
- Los componentes con mayores daños, son las juntas de dilatación, los apoyos y los elementos de armadura.
- Las fallas predominantes en el componente de superficie del puente son el daño estructural, impacto y descomposición relacionados directamente con el aumento de las cargas reales y los asentamientos en los terraplenes de acceso, a la vez las juntas de dilatación cuyos daños más frecuentes son el impacto, la infiltración y la deficiencia estructural. En las pilas de los puentes con superestructura de acero las pilas son de concreto reforzado en los que se generan daños provocados por la erosión y la socavación. En los apoyos se generan fallas por la falta de dispositivos en las juntas de dilatación para controlar el agua en el tablero. En las losas se produce daños por la infiltración ya que se tiene drenes cortos.
- Se debe realizar estudios de socavación en las pilas de los puentes.
- Los procedimientos del Mantenimiento Preventivo aquí propuestos cumplen con las normas de: la Sociedad Americana para Ensayos de Materiales (ASTM), el Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC), la Sociedad Americana de Soldadura (AWS), el Instituto Americano del Hierro y del Acero (AISI) y por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales (AASHTO).

6.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar la capacidad máxima de carga del puente.
- Se recomiendan dimensiones mínimas de 500x700 mm (ancho x alto) en los accesos rectangulares u ovals, y de diámetro mínimo 600 mm en los accesos de forma circular. Además, deben existir orificios de ventilación adecuados al sistema de protección empleado en el mantenimiento.
- Garantizar un correcto diseño de detalles que minimice el riesgo de corrosión de la estructura metálica, al mismo tiempo facilitar la inspección, mantenimiento y de ser el caso la sustitución de ciertos elementos como apoyos, juntas, cables, anclajes, etc.
- Los tableros deben ser adecuadamente impermeabilizados para evitar la entrada de agua en la estructura.
- El sistema de drenaje debe ser en función de la superficie de plataforma y del volumen a evacuar, dependiendo de la pendiente del tablero y sistemas de desagüe.
- En secciones cerradas y no visitables, se debe garantizar su completo sellado, mediante soldaduras u otro sistema, protegiendo la parte interna de eventuales filtraciones de agua.
- Algunas de las reparaciones recomendadas para los puentes metálicos en general son el refuerzo de la losa (sobre losa o utilización de materiales compuestos, como fibras de acero de alta resistencia y otros) o la reparación del concreto y mantenimiento general, la inyección de grietas, construcción o reparación de drenes (prolongación, limpieza, etc.) y el cambio del piso metálico.
- La limpieza y pintura de la estructura, el reemplazo de pernos, remaches y abrazaderas defectuosas, reparación de los componentes de acero y la reposición de elementos faltantes.
- Revisar el comportamiento sísmico resistente y verificar los problemas de socavación en las pilas, al igual que la evaluación de la capacidad máxima de carga del puente.

a.- De acuerdo al Grado de corrosión de deberá tomar las siguientes medidas:

- CORROSIÓN SEVERA Y CORROSIÓN SEVERA GENERALIZADA:

- Se recomienda la sustitución del elemento inspeccionado, se debe considerar los datos obtenidos en los ensayos no destructivos adjuntos (ANEXO N° 02)

- **CORROSIÓN Y CORROSIÓN LEVE:**

- El elemento puede ser reparado, arenado, llenado con material de aporte y protegido con recubrimiento de pintura.

b.- Desgaste de Pintura.

- El puente Punta Arenas necesita ser pintado en su totalidad y los elementos como se menciona arriba como los que presentan corrosión severa o severa generalizada necesitan ser cambiados. (ANEXO N° 04)

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

1. Artículo Chileno. "Criterios generales de mantención en puente colgantes".
2. AMPUERO ALATE, JOHN, "Aspectos Estructurales en el Montaje de Puentes Colgantes". III Seminario de Gestión y Normatividad Vial, Chile.
3. BRAVO MORALES, JOSÉ LUIS, Diseño de la Superestructura del puente sobre la quebrada Ahuashiyacu tipo sección compuesta Informe de Ingeniería, Tarapoto, Perú, año
4. BROCKENBROUGH ROGER MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero Ed. Mc Graw Hill, Colombia 1997, 2º edición Tomo 1
5. BRESLER BORIS, LIN T, SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Limusa, México, 1997, 2º edición
6. DE LEÓN GARCÍA, LUZ MARINA, Propuesta del Diseño, Ejecución y Mantenimiento del Puente Peatonal Colgante, sobre el Río Pampoch, uniendo la Aldea Pasau con el Municipio de Cubulco; Departamento de Baja Verapaz, Tesis Profesional, Universidad de San Carlos, Guatemala, Noviembre 1996.
7. GARCÉS UNDA, DAVID ESTEBAN Y ZALDUMBIDE ARAUJO, JORGE HUMBERTO, Mantenimiento de Puentes Colgantes con Estructuras de Acero, Tesis para Título profesional, Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador, Mayo 2006.
8. HIDALGO LECCA, WILER JAVIER, Construcción Puente Shitariyacu, Informe de Ingeniería, Tarapoto, Perú, año 2001.
9. McCORMAC, JACK C., Diseño de estructuras Metálicas, Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., segunda edición, México, 1972.
10. Ministerio de Obras Públicas; Especificaciones Gen erales para la Construcción de Caminos y Puentes;
11. MINISTERIO DE TRANSPORTES, "Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia, 2010
12. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. "Guía para la Inspección de Puentes". Directiva N° 01-2006-MTC/14, Aprobado por la Resolución Directoral N° 012-2006-MTC/14 del 14/03/2006, Lima Perú.

13. MOLINA MENACHE SAMUEL, SALGADO ESTRADA ROLANDO, ZAMORA CASTRO SERGIO Y LAGUNES ELSA, "Detección de Daños en puentes mediante un modelo experimental, XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco, Guerrero 2012.
14. PAREDES LAZO, GENARO, Diseño y Construcción de Puente Peatonal Colgante Ucrania, Informe de Ingeniería, Tarapoto, Perú, año
15. SAAVEDRA PAREDES, HENRY, Puente Colgante Vehicular Nangao", Informe de Ingeniería, Tarapoto, Perú, año 2000.
16. LINKOGRAFÍA
 - www.ceroaverias.com
 - www.mantenimientomundial.com
 - www.puretechltd.com>inicio>soluciones>Puentes

CAPITULO VIII
ANEXOS

ANEXO N° 01
INVENTARIO DE PUENTES

PUENTE COLGANTE PICOTA

El puente Picota ubicado sobre el río Huallaga, se encuentra a 247 m.s.n.m. El imponente puente está situado sobre el río Huallaga, tiene 263,20 metros de longitud, constituye un atractivo ideal para disfrutar de una vista panorámica privilegiada del pueblo tradicional de Pumawasi y del majestuoso río Huallaga, así mismo es propicio para la práctica del puenting (deporte de aventura). Constituye un medio de comunicación de Picota con los distritos de Tingo de Ponaza, Shambuyacu y sus localidades.



En la fotografía se observa su etapa de construcción iniciada en 1984, durante el segundo gobierno del Arq. Fernando Belaunde Terry.

PUENTE COLGANTE PUNTA ARENAS



En el distrito de Campanilla, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín. Tiene 271 metros de largo, y una distancia de 220 metros entre sus dos torres.

Ubicación

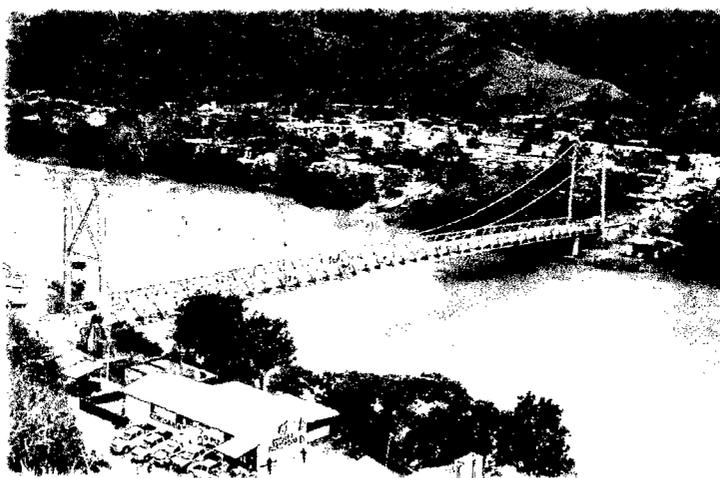
Se encuentra ubicado sobre el río Huallaga, en la progresiva Km. 717+900 de la ruta EMP.EP. 18A (DV TINGO MARIA), en el distrito de Campanilla, provincia de Tocache, departamento de San Martín.

- Tipo de estructura : Puente colgante
- Longitud del puente: 220 metros colgante+ 55 m reticulado
- Nº de vías : 2 carriles de 3.60 m de ancho cada uno
- Superficie de rodadura : Asfalto (actualmente Retirado)
- Veredas/Sardinell : veredas aguas abajo y aguas arriba, barandas metálicas
- Subestructura : Estribos de cantiléver de concreto armado

PUENTE COLGANTE PIZANA

Puente colgante sobre el río Huallaga, en la localidad de Puerto Pizana, distrito de Pólvora, provincia de Tocache, departamento de San Martín. Forma parte de la Carretera Marginal de la Selva.

Construido en la década de 1980, tiene 150 metros de largo y dos carriles, y capacidad para 36 toneladas. Tras quedar inoperativo casi diez años por acción del terrorismo, el año 2013 fue rehabilitado, mediante el cambio de sus cables principales y estructuras metálicas deterioradas, y el arenado y pintado de la totalidad de éstas.



Ubicación

Se encuentra ubicado sobre el río Huallaga, en la progresiva Km. 658+500 de la ruta EMP.EP. 18ª (DV TINGO MARIA), en el centro poblado de Pizana, en el distrito de Pólvora, provincia de Tocache, departamento de San Martín.

Tipo de estructura : Puente colgante con tablero de concreto armado y vigas metálicas de rigidez.

Longitud del puente: 150 metros

Nº de vías : 2 carriles de 3.60 m de ancho cada uno

Superficie de rodadura : Asfalto (ha sido retirado)

Veredas/Sardinell : veredas aguas abajo y aguas arriba, baranda metálica

Subestructura : Estribos de cantiléver de concreto armado

PUENTE COLGANTE TOCACHE

Junto al poblado de Tocache y en la provincia homónima, en el departamento de San Martín. Cruza el río Huallaga y forma parte de la Carretera Marginal de la Selva.



Tiene 330 metros de largo, siendo la separación entre sus dos torres de 220 metros. Posee dos carriles, uno en cada sentido. Fue construido en la década de 1980.

PUENTE COLGANTE SANTA MARTHA

Ubicado en la provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín, en el kilómetro 794 de la carretera Tarapoto-Tingo María.



Es un puente colgante de 150 metros de largo (ésta es la distancia entre sus dos torres), que cruza sobre el río Huallabamba (a menos de dos kilómetros de distancia del río Huallaga) y forma parte de la carretera Marginal de la Selva. Fue inaugurado en 1983. El año 2012 fue sometido a mantenimiento, con trabajos de arenado y pintura.

FORMATO 1 - INVENTARIO DE PUENTES

HOJA 1 / 5

I.- IDENTIFICACION Y UBICACIÓN					
Departamento Político	: San Martín	Altitud	: msnm	Nombre	: Punta Arenas
Departamento Vial	:	Latitud	: grad	Código	:
Provincia	: Mariscal Cáceres	Longitud	: grad	Ruta Nacional #	: 005N
Distrito	: Campanilla	Poblado	: Campanilla	Kilometraje	: 006+441.93
II.- DATOS GENERALES					
Puente Sobre ⁽¹⁾	: Río	Número Proyecto	:		
Nombre	: Puente Punta Arenas	Año Construcción	:		
Longitud Total	: 271.10 m.	Última Inspección	:		mm/dd/aa
Ancho de Calzada	: 7.20 m.	Último Trabajo	:		
Ancho Vereda	: 0.60 m.	Tipo de Servicio ⁽⁵⁾	:	Irrestricto	
Altura Libre Superior	: 5.52 m.	Flujo Tráfico	:		Vel/día
Altura Libre Inferior	: 18.90 m.	Año	:		
Num. vías de Tránsito	: 2.00 Vías	% Camiones y Buses	:		
Sobrecarga Diseño	: HS20	Cond.Ambientales ⁽⁴⁾	:	Severo	
Alineamiento ⁽²⁾	: Recto	Ang	:		
III.- TRAMOS					
Número de tramo	: 2	Longitud 1º Tramo:	220.20	Luz Principal:	220.20
Tramos ⁽⁵⁾	: Desiguales	Longitud 2º Tramo:	50.90		
Longitud Total	: 271.10 m	Longitud 3º Tramo:			
Longitud restantes	:	Longitud restantes:			
III.A.- TRAMO 1 (PRINCIPAL)		III.B.- TRAMO 2			
Categoría / Tipo ⁽⁶⁾	: Colgante	Categoría / Tipo ⁽⁶⁾	:	Reticulado	
Características Secundarias	:	Características Secundarias	:		
Cond. De Borde ⁽⁷⁾	: Articulado	Cond. De Borde ⁽⁷⁾	:	Articulado	
Material Predominante ⁽⁸⁾	: Acero Estructural	Material Predominante ⁽⁸⁾	:	Acero Estructural	
Sobre ⁽¹⁾	Río Quebrada Seca Quebrada	Canal Carretera FFCC	Valle (Viaducto Elevado) Zona Urbana (Viaducto Elevado)		
Alineamiento ⁽²⁾	Recto Curvo Esviado	Tipo de Servicio ⁽⁵⁾	Irrestricto Solo Automóviles Solo Camiones	Camiones hasta cierta carga Fuera de servicio	
Condiciones Ambientales ⁽⁴⁾	Severo Moderado Benigno	Tramo ⁽⁵⁾	Iguals Desiguales		
Categoría/Tipo ⁽⁶⁾	Definitivo Losa Losa con Vigas Pórtico Arco Reticulado Colgante Atirantado	Provisional Modular Tipo Yawata Otros	Alcántarilla Marco Circular / Ovalda Arco Pórtico Otros	Artesanales Vigas de troncos de arboles Arcos / Pórticos de Mampostería de Piedra Arco de Concreto simple Losa de concreto reforzada con rieles de FFCC Otros	
Condicion de Borde ⁽⁷⁾	Simple Apoyado Continuo Gerber Articulado	Empotrado Sobre el terreno Otros	Material Predominante Tramo ⁽⁸⁾	Concreto Armado Concreto Preesforzado Acero Estructural Planchas de Acero corrugado Cables de Acero Madera Otros	

FORMATO 1 - INVENTARIO DE PUENTES

HOJA 2 / 5

IV.- TABLERO DE RODADURA			
IV.A.- LOSA		IV.B.- VIGA	
Material ⁽⁸⁾	: Concreto armado	Tipo ⁽¹¹⁾	: No aplicable
Espesor	: 0.25	Nº Vigas	:
Superficie de Desgaste ⁽¹⁰⁾	: Asfalto	Material ⁽¹²⁾	: Metálica
		Forma ⁽¹³⁾	: Reticulada
		Separación:	m
		Perañe	: m Ancho Base: m
V.- SUBESTRUCTURA			
V.A.- ESTRIBO IZQUIERDO		V.A.- ESTRIBO DERECHO	
ELEVACION		ELEVACION	
Tipo ⁽¹⁴⁾	: Cajón	Tipo ⁽¹⁴⁾	: Cajón
Material ⁽¹⁵⁾	: Concreto Armado	Material ⁽¹⁵⁾	: Concreto Armado
CIMENTACION		CIMENTACION	
Tipo ⁽¹⁶⁾	: Zapata	Tipo ⁽¹⁶⁾	: Zapata
Material ⁽¹⁷⁾	: Concreto Armado	Material ⁽¹⁷⁾	: Concreto Armado
VI.- PILARES			
VI.A.- PILAR 1	VI.B.- PILAR 2	VI.C.- PILAR 3	
ELEVACION	ELEVACION	ELEVACION	
Tipo ⁽¹⁸⁾	: Columna Tarjeta	Tipo ⁽¹⁸⁾	:
Material ⁽¹⁹⁾	: Concreto Armado	Material ⁽¹⁹⁾	:
CIMENTACION	CIMENTACION	CIMENTACION	
Tipo ⁽²⁰⁾	: Zapata	Tipo ⁽²⁰⁾	:
Material ⁽²¹⁾	: Concreto Armado	Material ⁽²¹⁾	:
Material Losa (9)	Concreto armado Concreto preesforzado Plancha metalica corrugada Madera Otros	Superficie de Desgaste (10)	Asfalto Concreto (vaciado con losa) Concreto pobre Madera Metalica
Tipo Viga (11)	No aplicable Viga longitudinal Viga Transversal Otros	Material Viga (12)	Concreto Armado Concreto preesforzado Metálica Madera Otros
		Forma Viga (13)	Rectangular T. I Cajón Reticulada
SUBESTRUCTURA			
Tipo Elevación (14)	Gravedad Cantilever Portico Cajón Otros	Material Elevación (15)	Concreto simple Concreto armado Mamposteria de piedra Madera
		Tipo Cimentación (16)	Zapata Caisson Pilotes Otros
		Material Cimentación (17)	Concreto Simple Concreto armado Acero Madera Otros
PILARES			
Tipo Elevación (18)	Columna Capitel Columna Tarjeta Portico Otros	Material Elevación (19)	Concreto simple Concreto armado Acero Madera Otros
		Tipo Cimentación (20)	Zapata Caisson Pilotes Otros
		Material Cimentación (21)	Concreto Simple Concreto armado Acero Madera

FORMATO 1 - INVENTARIO DE Puentes

HOJA 3 / 5

VII.- MACIZOS / CAMARAS DE ANCLAJE		VII.B.- MACIZOS DERECHO	
VII.A.- MACIZOS IZQUIERDO		ELEVACION	
ELEVACION		ELEVACION	
Tipo ⁽²²⁾ :	Macizo	Tipo ⁽²²⁾ :	Macizo
Materia ⁽²³⁾ :	Concreto Armado	Materia ⁽²³⁾ :	Concreto Armado
CIMENTACION		CIMENTACION	
Tipo ⁽²⁴⁾ :	Zapata	Tipo ⁽²⁴⁾ :	Zapata
Materia ⁽²⁵⁾ :	Concreto Armado	Materia ⁽²⁵⁾ :	Concreto Armado

VIII.- DETALLES		VIII.B.- VEREDAS Y SARDINELES	
VIII.A.- BARANDAS		Archo de Veredas :	
Tipo ⁽²⁶⁾ :	Guardavias	0.60	
Materia ⁽²⁷⁾ :	Acero	Altura de veredas/sardines :	
		0.20	
		Materia ⁽²⁸⁾ :	
		Concreto	

VIII.C.- APOYOS					
APOYO 1		APOYO 2		APOYO 3	
Tipo ⁽²⁹⁾ :	Articulado	Tipo ⁽²⁹⁾ :	Articulado	Tipo ⁽²⁹⁾ :	Articulado
Materia ⁽³⁰⁾ :	Acero	Materia ⁽³⁰⁾ :	Acero	Materia ⁽³⁰⁾ :	Acero
Ubicacion :	E. Izquierdo	Ubicacion :	Pisr	Ubicacion :	E. Derecho
Número :	1	Número :	2	Número :	3

VIII.D.- JUNTAS DE EXPANSION		VIII.E.- DRENAJE DE CALZADA	
Tipo ⁽³¹⁾ :	Planchas deslizantes	Tipo ⁽³¹⁾ :	Tubos
Materia ⁽³²⁾ :	Metálico	Materia ⁽³²⁾ :	Acero

IX.- ACCESOS			
IX.A.- ACCESO IZQUIERDO		IX.A.- ACCESO DERECHO	
Longitud de Transición :		Longitud de Transición :	m
Alineamiento ⁽³³⁾ :	Curva	Alineamiento ⁽³³⁾ :	Curva
Ancho de Calzada :	6.00 m	Ancho de Calzada :	6.00 m
Ancho total de Bases :	1.20 m	Ancho total de Bases :	1.20 m
Pendiente Alta :	0%	Pendiente Alta :	0%
Visibilidad ⁽³⁴⁾ :	Regular	Visibilidad ⁽³⁴⁾ :	Regular

MACIZOS / CAMARAS DE ANCLAJE							
Tipo Elevacion ⁽²²⁾	Macizo Hueco Otros	Materia Elevacion ⁽²³⁾	Concreto Simple Concreto armado	Tipo Cimentación ⁽²⁴⁾	Zapata Otros	Materia Cimentación ⁽²⁵⁾	Concreto Simple Concreto armado Acero

DETALLES							
Tipo Barandas ⁽²⁶⁾	Postes y pesamanos Parapeto Guardavias No hay	Materia Barandas ⁽²⁷⁾	Concreto Acero Madera Mixto	Materia Veredas ⁽²⁸⁾	Concreto Acero Madera	Tipos Apoyos ⁽²⁹⁾	Articulado Deslizante Roller Rocker Eslabon y pin No Hay
Materia Apoyos ⁽³⁰⁾	Acero Elastómero Concreto Flexcel	Tipo Juntas ⁽³¹⁾	Vacio Planchas Deslizantes	Tipo Peine Tipo compresible / expandible	Materia Juntas ⁽³²⁾	Metálico Jebe Mastic Epóxico Otros	
		Tipo Drenaje ⁽³³⁾	Tubo Canaleta Otros	Materia Drenaje ⁽³⁴⁾	Acero Concreto PVC Otros		
Alineamiento ⁽³³⁾	Paralelo Perpendicular Inclinado Curva a m					Visibilidad ⁽³⁴⁾	Buena Regular Mala

FORMATO 1 - INVENTARIO DE PUENTES

HOJA 4 / 5

X. - SEGURIDAD VIAL					
X.A. - ACCESO IZQUIERDO			X.B. - ACCESO DERECHO		
Señal Informativa (37)	:	No	Señal Informativa (37)	:	No
Señal Preventiva (38)	:	No	Señal Preventiva (38)	:	No
Señal Reglamentaria (39)	:	No	Señal Reglamentaria (39)	:	No
Señal Horizontal (40)	:	No	Señal Horizontal (40)	:	No
XI. - SOBRECARGA					
Carga de Diseño	:		Carga Máxima Actual	:	
Sobreesfuerzo	:		Señalización de Carga	:	
XII. - RUTA ALTERNA - Tipo Otras Rutas					
XII.A. - VADO			XII.B. - PUENTE PARALELO		
Distancia de Puente	:		Posibilidad de Construir	:	
Periodo de Funcionamiento	:		Longitud Total	:	m
Profundidad de Aguas mín	:		Subestructura (42)	:	
Naturaleza de suelo (41)	:		Tipo	:	
Variante Existente	:		Necesidad de construirlo:		
XIII. - CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA					
Condición de Carretera (43)	:	Regular			
XIV. - SUELO DE CIMENTACION					
	ESTRIBO IZQUIERDO		ESTRIBO DERECHO	PILAR 1	PILAR 2
Materia (44)	:	Roca	Conglomerado	Conglomerado	
Comentarios	:				
XV. - NIVELES DE AGUA					
Aguas Máximas	:	m.	Periodo de Aguas Máximas	:	Noviembre - Abril
Aguas Mínimas	:	m.	Periodo de Estaje	:	Junio - Setiembre
Aguas Extraordinarias	:	m.	Frecuencia de Retorno	:	Anual
Galibo determinado en Campo	:	18.90	Fecha (mm/dd/aa)	:	
Galibo determinado de Plano	:	m.	Galibo Aguas Máximas	:	m.
XVI. - CAPACIDAD HIDRAULICA DEL PUENTE					
Longitud Aceptable	:	Si	Longitud Requerida	:	m.
Altura Aceptable	:	Si	Altura Adicional Requerida	:	m.
Necesita Encauzamiento	:	No	Longitud de Encauzamiento	:	m.
Socavación del Cauce	:	No	Profundidad de Socavación	:	m.

SEGURIDAD VIAL

Señal Informativa (37)	Cartel de puente
Señal Preventiva (38)	Cartel rombo amarillo
Señal Reglamentaria (39)	Cartel rectangular negro - rojo (Ceda el paso, no adelantar, velocidad máxima)
Señalización Horizontal (40)	Marcas de calzada

Naturaleza del Suelo (41)	Roca	Arena
	Conglomerado	Arcilla
	Piedra	Otros

Subestructura (42)	Similar al existente
	Diferente

Condición de Carretera (43)	Buena	Mala
	Regular	Muy Mala

Material Suelo Cimentación (44)	Roca	Arena
	Conglomerado	Arcilla
	Piedra	Otros

FORMATO 2 - INVENTARIO DE PUENTES

HOJA 2 / 3

LISTA DE FOTOGRAFIAS

NRO	DESCRIPCION	ROLLO	NEG
01	VISTA GENERAL DEL PUENTE PUNTA ARENAS		
02	VISTA DE CARPETA ASFALTICA Y PARTE DE LOS ARRIOSTRES LATERALES, TORRE Y PENDOLAS DEL PUENTE		
03	VISTA DE ARRIOSTRES DE TORRE		
04	VISTA DE PARANTES DE TORRE, ARRIOSTRES LATERALES DEL PUENTE RETICULADO, COLGANTE Y PILAR EN EL LADO DERECHO DEL PUENTE		
05	ARRIOSTRES LATERALES DEL PUENTE COLGANTE AGUAS ARRIBA		
06	VISTA DE CABLES Y LOS ARRIOSTRES LATERALES AGUAS ARRIBA		
07	VISTA DE LOS CABLES LONGITUDINALES DEL PUENTE COLGANTE AGUAS ARRIBA		
08	VISTA DE EMPALMES DEL PUENTE COLGANTE		
09	VISTA DE EMPALMES DE ARRIOSTRES Y ANCLAJES DE PENDOLAS		
10	VISTA DE PERNOS DE ANCLAJE DE LOS ARRIOSTRES		
11	VISTA DE JUNTA METALICA DEL PUENTE COLGANTE		
12	VISTA DE LA JUNTA METALICA EN EL PUENTE COLGANTE EN MAL ESTADO		
13	VISTA DE JUNTA METALICA		
14	VISTA DE UNION DE PENDOLAS DE ANCLAJE		
15	VISTA DE LOS CABLES DE LAS PENDOLAS DE ANCLAJE, LOS ALAMBRES QUE CONFORMAN SE ESTAN DESPRENDIENDO		
16	VISTA DE LAS PENDOLAS DE ANCLAJE, HAN REFORZADO CON ALAMBRE PARA EVITAR EL DESPRENDIMIENTO DE LOS ALAMBRES		
17	VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA DE LOS CABLES LONGITUDINALES, SE ENCUENTRA LLENA DE AGUA		
18	VISTA DE LOS CABLES LONGITUDINALES INTERVENIDOS EN LA CAMARA DE ANCLAJE		
19	CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA AGUAS ABAJO LLENA DE AGUA		
20	CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA AGUAS ARRIBA LLENA DE AGUA		
21	VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA		
22	VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA		
23	VISTA DE CAMARA DE ANCLAJE DERECHA		
24	VISTA DE CAMARAS DE ANCLAJE DERECHA		
25	VISTA DE ARRIOSTRES LATERALES Y SUPERIORES DEL PUENTE RETICULADO		
26	VISTA DE ARRIOSTRES INFERIORES		
27	VISTA DE VIGA SOBRE PILAR DE APOYO PUENTE COLGANTE		
28	ARRIOSTRE INFERIOR DEL PUENTE RETICULADO		
29	ARRIOSTRE INFERIOR DE PUENTE RETICULADO		
30	ARRIOSTRE INFERIOR EN PUENTE COLGANTE		
31	VISTA DE DAÑOS EN LA VEREDA DEL PUENTE		
32	VISTA LATERAL DE ESTRIBO IZQUIERDO DEL PUENTE COLGANTE		

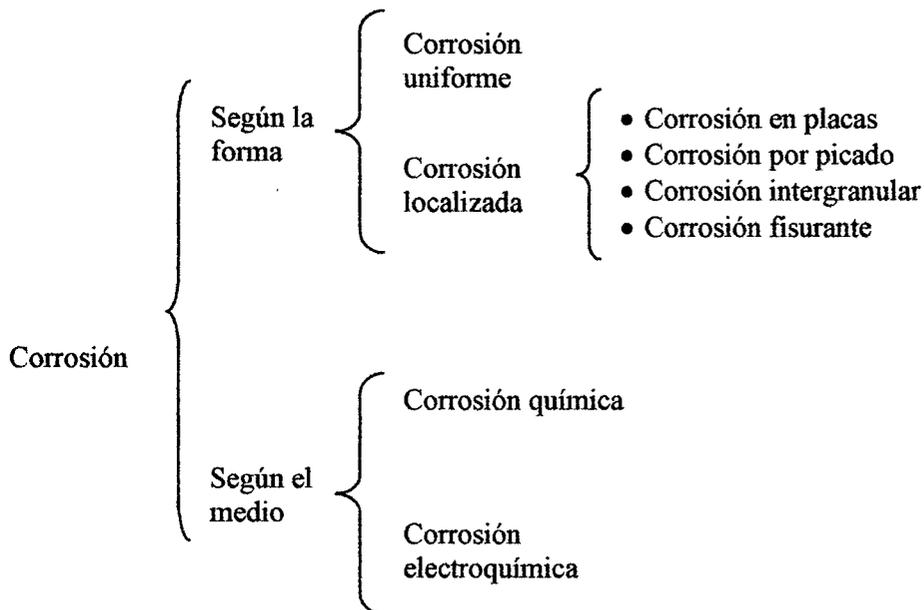
ANEXO N° 02
FALLAS POR CORROSION

1.0 TIPOS DE FALLA LOCALIZADOS AL DETALLE PUENTE PUNTA ARENAS

1.-Corrosión: Es la transformación indeseable de un material como consecuencia del medio que lo rodea. Se llaman agentes agresivos a aquellos que producen la corrosión, estos pueden ser: la atmósfera, el agua de mar, el aire húmedo, los vapores ácidos, etc. El fenómeno de corrosión se extiende a todos los materiales; pero solamente se tendrá en cuenta la corrosión metálica. Todos los metales pueden ser usados siempre que su velocidad de deterioro sea aceptablemente baja. De este modo en corrosión se estudia la velocidad con que se deteriora los metales y las formas en que dicha velocidad puede ser controlada.

2.-Clasificación de los procesos de corrosión

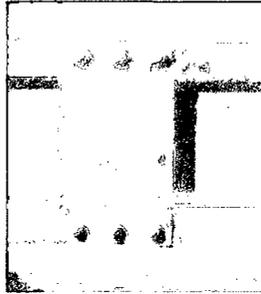
La corrosión se puede clasificar según su morfología o según el medio en que se desarrolla es decir:



2.1 Clasificación según la forma

Cuando se quiere evaluar los daños producidos por la corrosión resulta muy conveniente la clasificación según la forma.

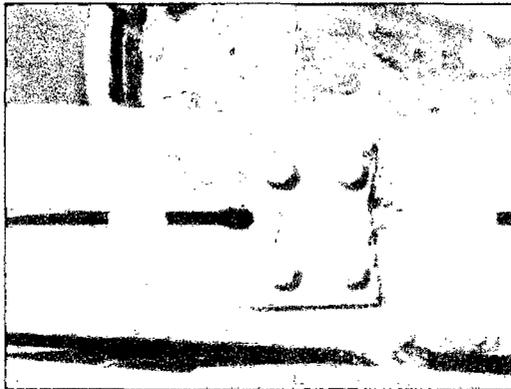
a) Corrosión uniforme: El ataque se extiende en forma homogénea sobre toda la Superficie metálica y la penetración media es igual en todos los puntos. Esta es la forma más benigna de corrosión pues permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales corroídos.



b) Corrosión en placas: Incluye los casos intermedios entre corrosión uniforme y corrosión localizada. El ataque se extiende más en algunas zonas, pero se presenta aún como un ataque general.



c) Corrosión por picado: Durante el picado, el ataque se localiza en puntos aislados de superficies metálicas pasivas, propagándose hacia el interior del metal en forma de canales cilíndricos. Este tipo de ataque, así como el intergranular y el fisurante, son las formas más peligrosas bajo las cuales se puede presentar la corrosión.



d) Corrosión intergranular: Se presenta como una franja estrecha de ataque que se propaga a lo largo de los límites de grano.

Corrosión fisurante: Se conoce como corrosión bajo tensiones. Se presenta cuando un metal está sometido simultáneamente a la acción de un medio corrosivo y de tensiones mecánicas de tracción. Se forman fisuras que pueden ser intergranulares o transgranulares y que se propagan hacia el interior del metal, se puede llegar hasta la fractura del metal. La velocidad de propagación oscila en general entre 1 y 10 m/hora.

3.-Grado de corrosión Ambiental.

Como norma fueron fijados cuatro grados de corrosión ambiental en Superficies de A.C.

Grado A.

LEVE. Superficie de A.C. con capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión. Representa una superficie de A.C. recientemente laminada.

Grado B.

MEDIA. Superficie de A.C. con principio de corrosión de la cual la capa de laminación comienza a desprenderse.

Grado C.

MODERADA. La superficie de A.C., donde la capa de laminación fue eliminada por la corrosión, que deberá ser removida por raspado o limpieza mecánica, sin embargo, todavía no se han formado cavidades muy visibles en la superficie.

Grado D.

SEVERA. La superficie de A.C. donde la capa de laminación fue eliminada por la corrosión, con formación de cavidades visibles en gran escala.

2.0 DIVERSAS FORMAS DE DAÑO POR CORROSION EN LA VIGA DE RIGIDEZ DEL PUENTE

A continuación se detallan todos los tipos de fallas por corrosión de los elementos de la viga de rigidez que han sufrido daños leves a severos según la ubicación del elementos se puede inferir que el 10 % de la brida inferior está comprometida por la corrosión el 90% se encuentra con corrosión media desgaste de pintura y descascaramiento en algunos elementos como son los pernos, se han perdido hasta el 50 % de la sección tal como se puede ver en la imágenes, esta corrosión es por el medio ambiente y la existencia de fuerte corrientes de aire que golpean en la superficie de los elementos y dañan directamente primeramente descubriendo la pintura.

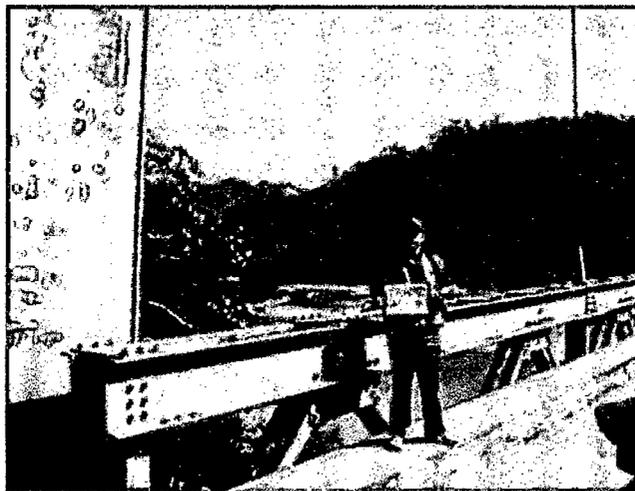
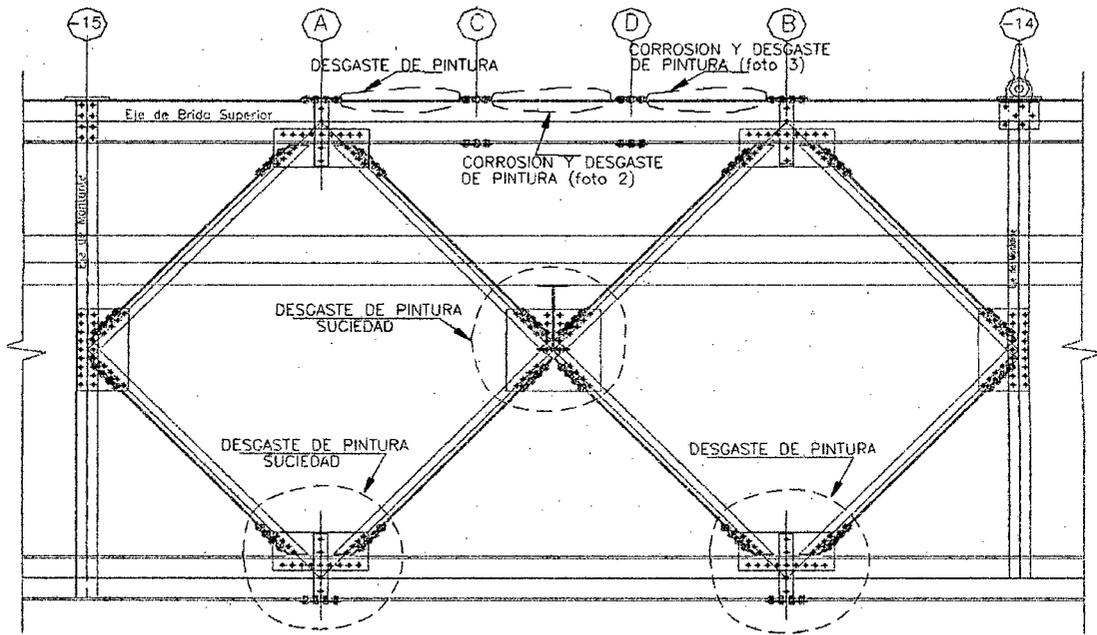


FOTO 1 : TRAMO -15 -14



FOTO 2 : CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA



FOTO 3 : CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

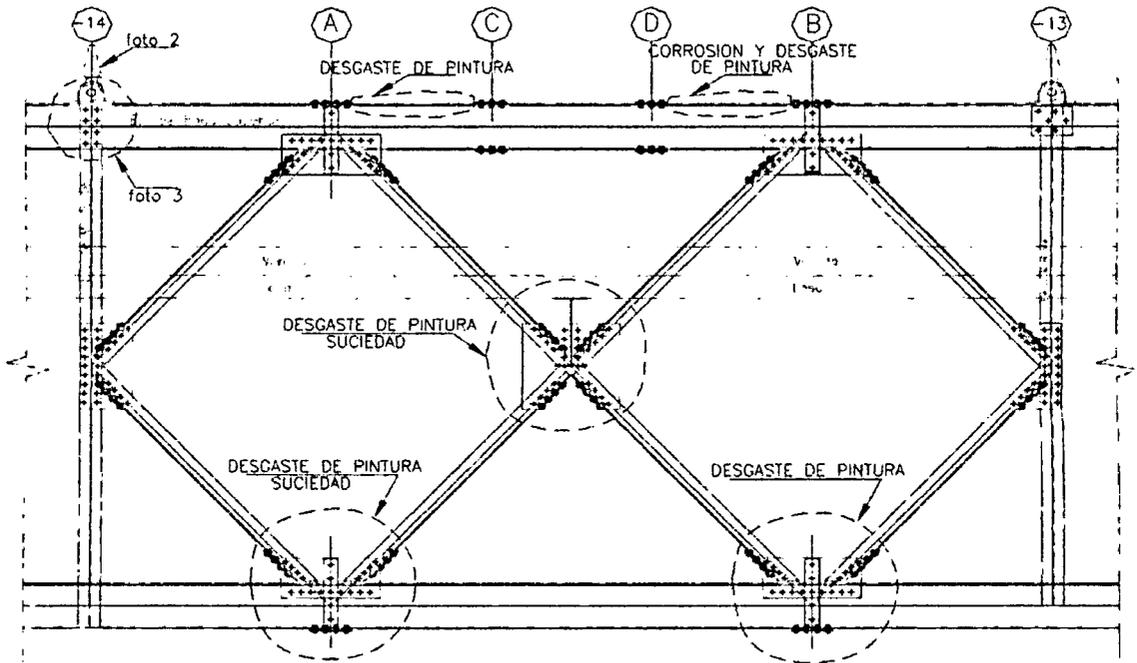


FOTO 1 : TRAMO -14-13



FOTO 2 : NUDO 14
(ligero desgaste de pintura)

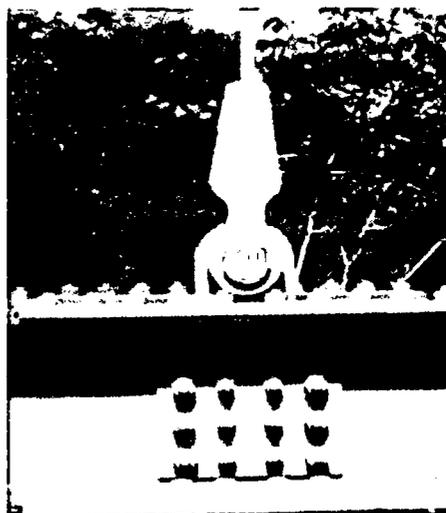


FOTO 3 : DETALLE DE PLACA Y PERNOS
(buen estado de pendola)

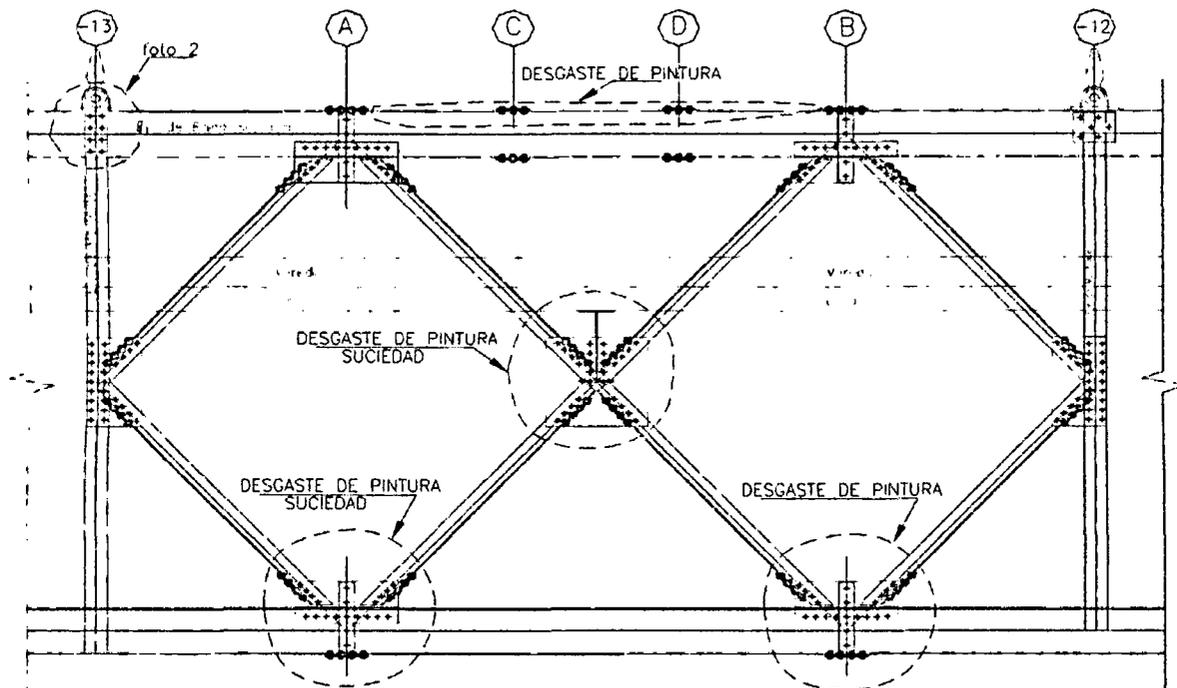


FOTO 1 : TRAMO -13 -12



FOTO 2 : SOPORTE INFERIOR DE PENDOLA
(Se aprecia desalambrado de una hebra del cable de la pendola)

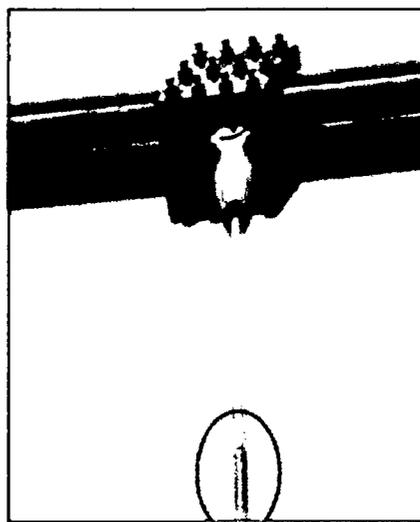


FOTO 3 : SOPORTE SUPERIOR DE PENDOLA
(se observa trabajo de mantenimiento previo con zunchado del cable de la pendola)

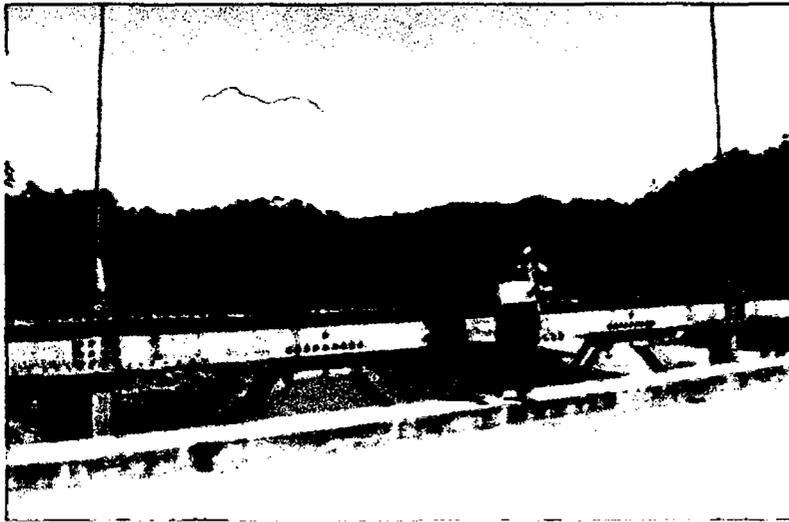
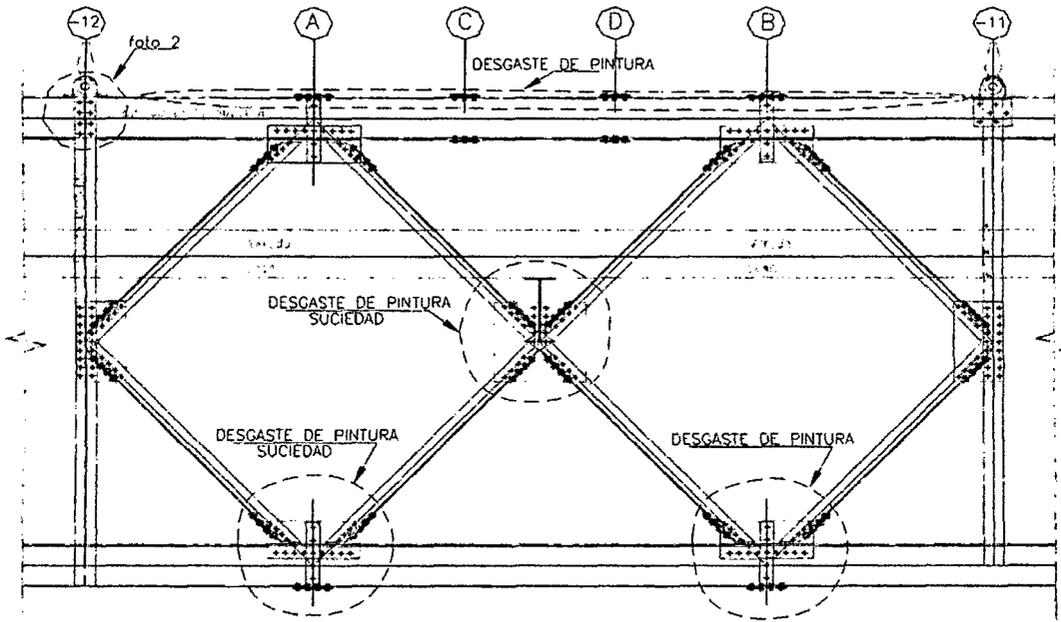


FOTO 1 : TRAMO -12-11

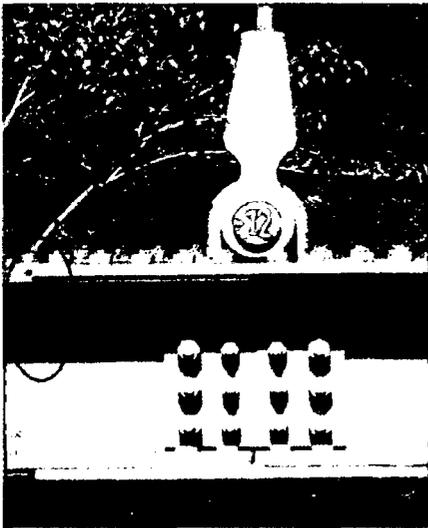


FOTO 2 : NUDO 12
SE APRECIA CORROSION

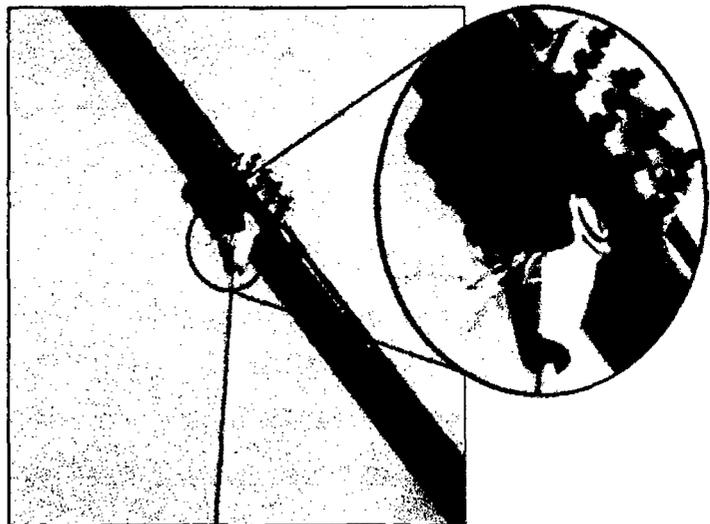


FOTO 3 : SE APRECIA ROTURA DE ALAMBRES EN SOPORTE SUPERIOR

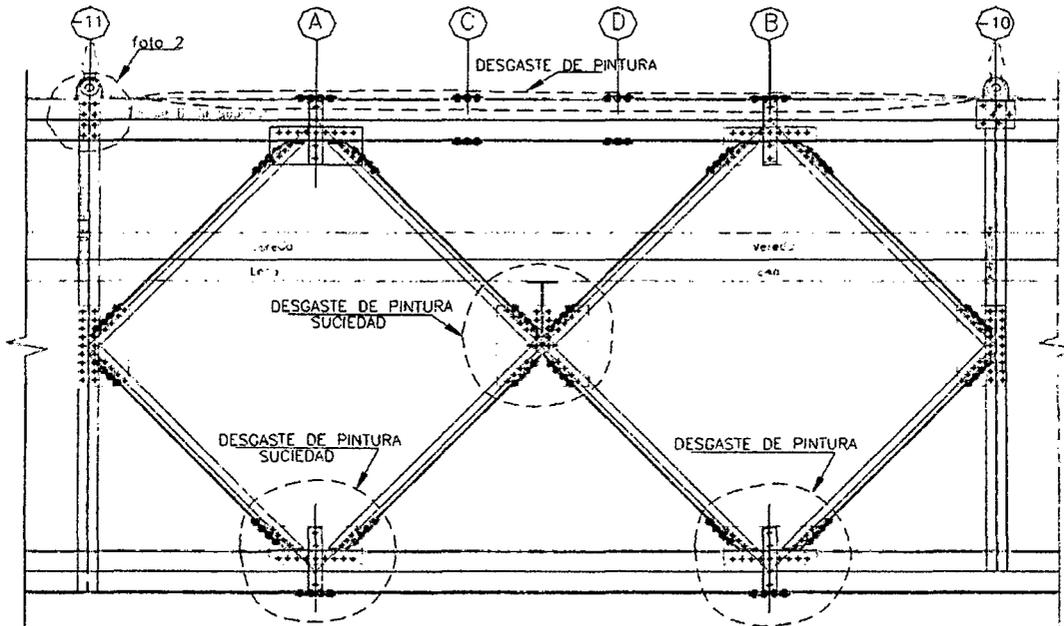


FOTO 1 : TRAMO -11-10

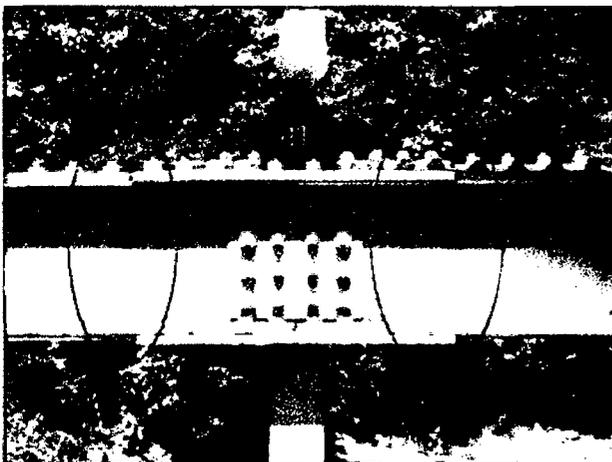


FOTO 2 : SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

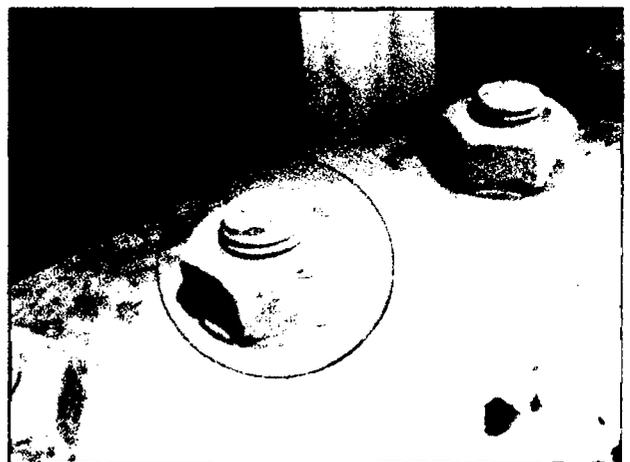


FOTO 3 : DESPRENDIMIENTO DE PINTURA EN PERNOS

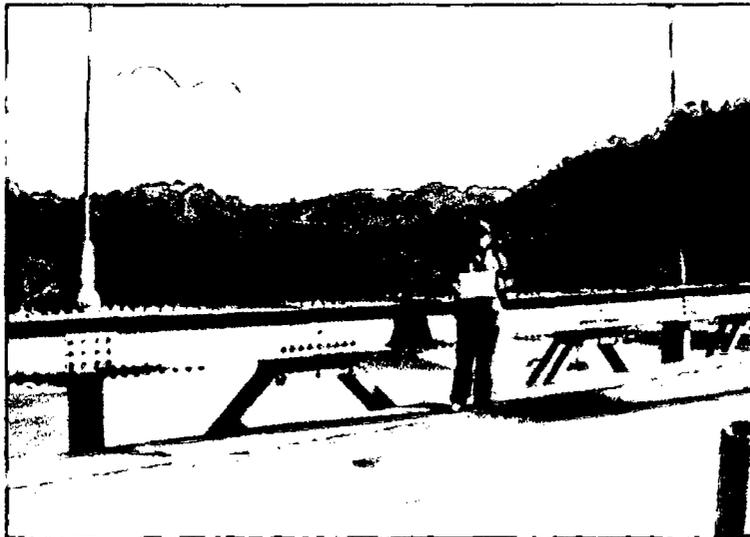
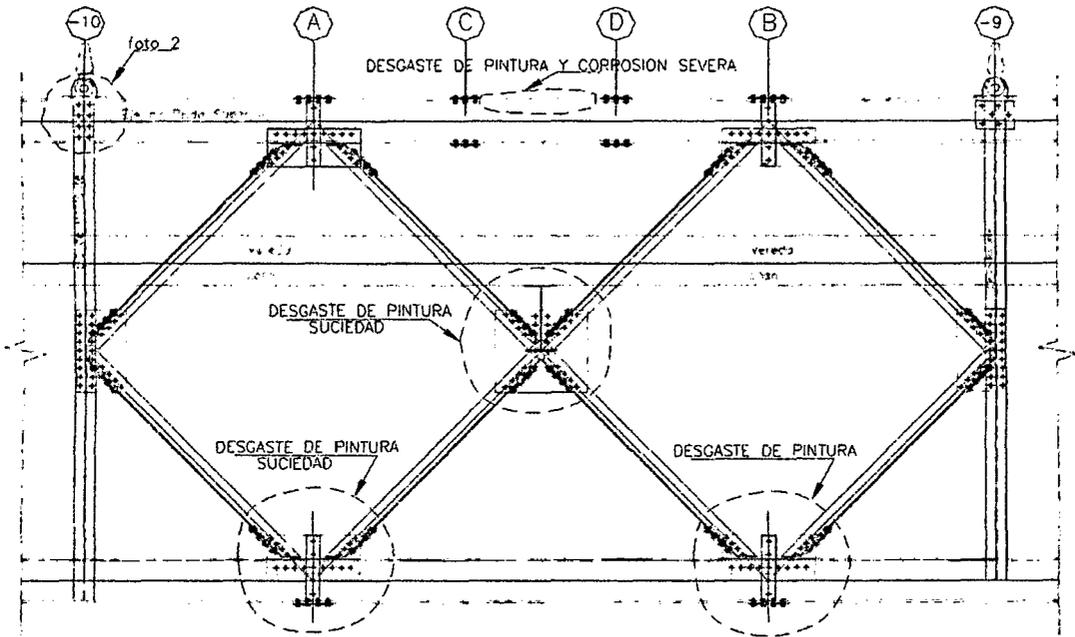


FOTO 1 : TRAMO -10-9

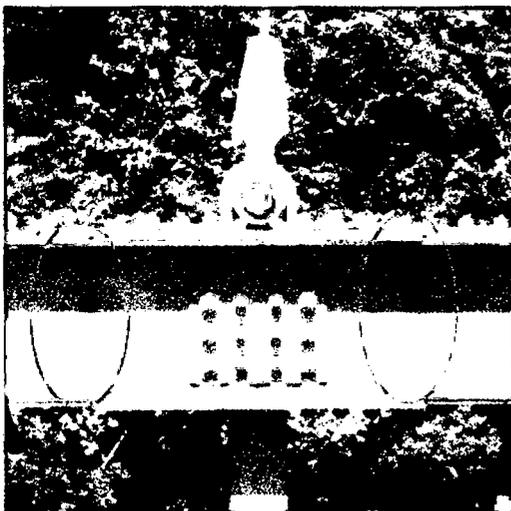


FOTO 2 : SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA



FOTO 3 : DESGASTE DE PINTURA EN BRIDA SUPERIOR

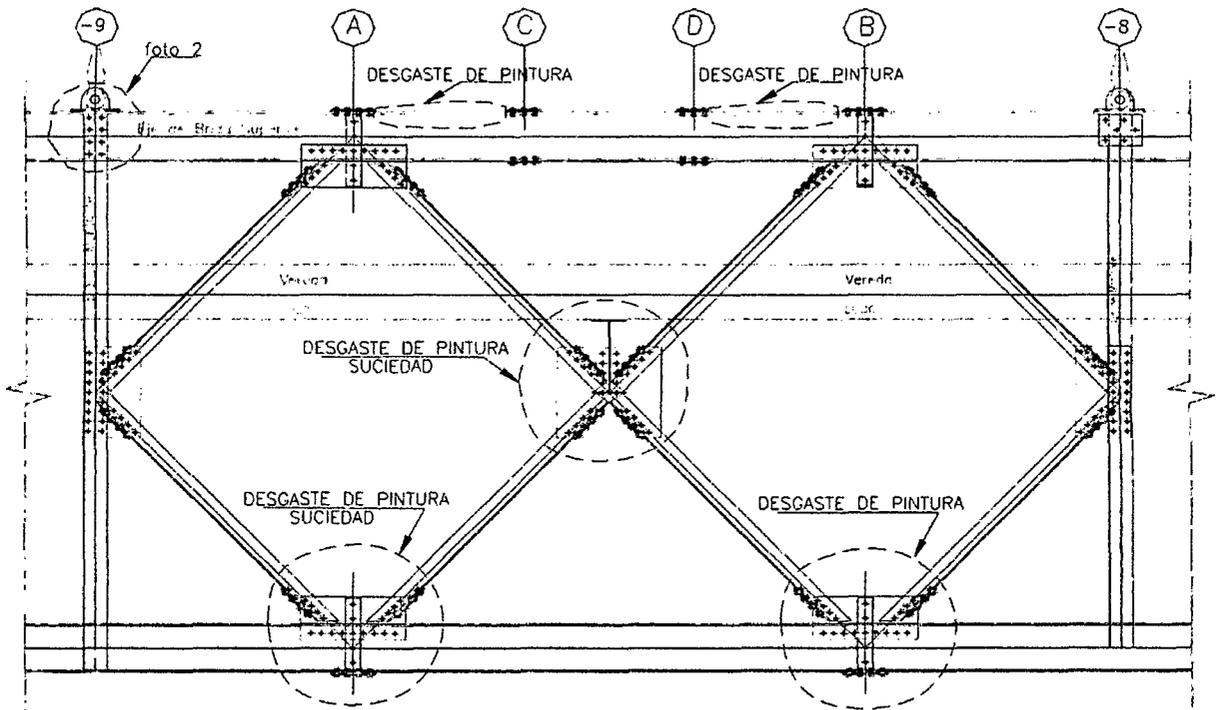


FOTO 1 : TRAMO -9-8

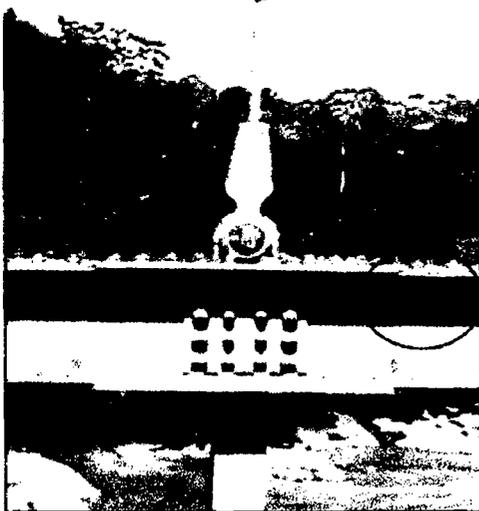


FOTO 2 : SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

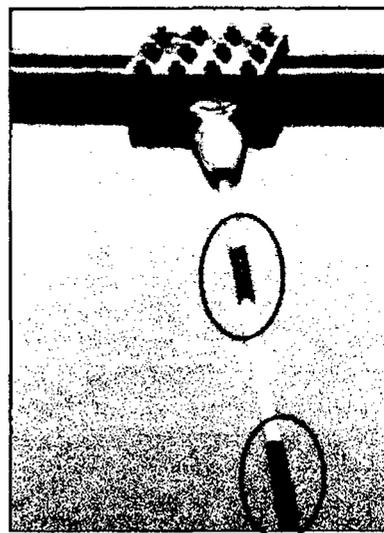


FOTO 3 : SOPORTE SUPERIOR DE PENDOLA
(se observa trabajo de mantenimiento
previo con zunchado del cable de la pendola)

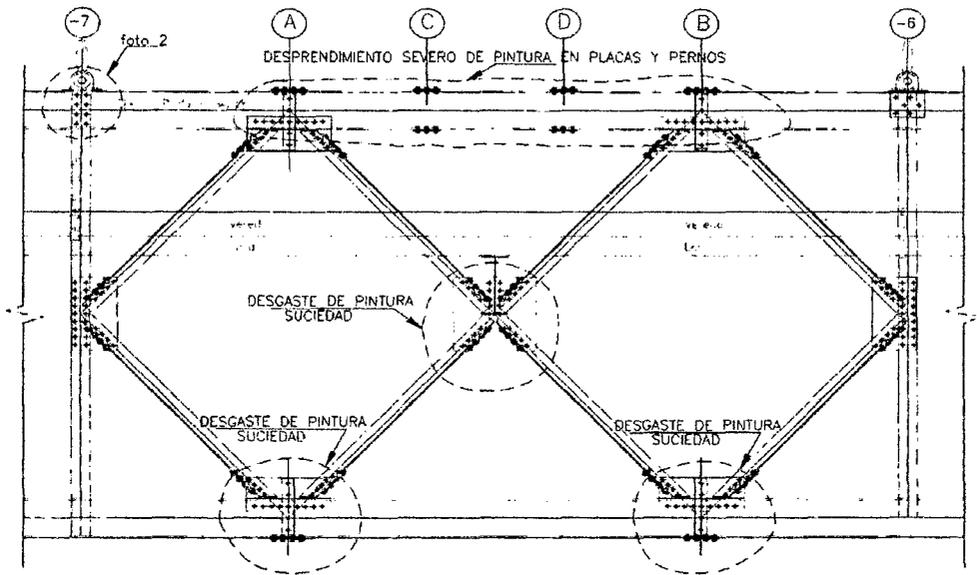


FOTO 1: TRAMO -7-6

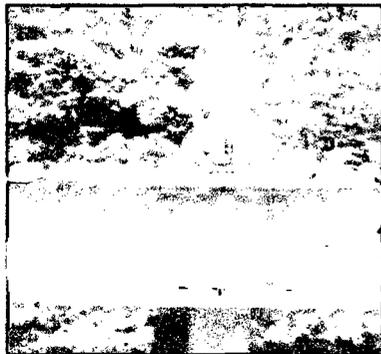


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA



FOTO 3: DESPRENDIMIENTO DE PINTURA

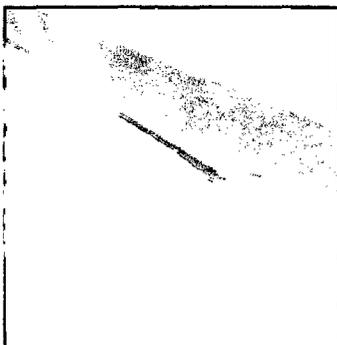


FOTO 4: DESPRENDIMIENTO DE PINTURA

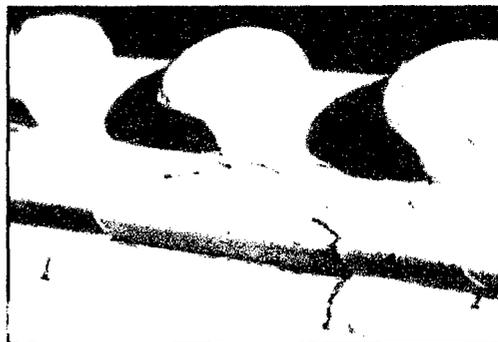


FOTO 5: DESPRENDIMIENTO DE PINTURA

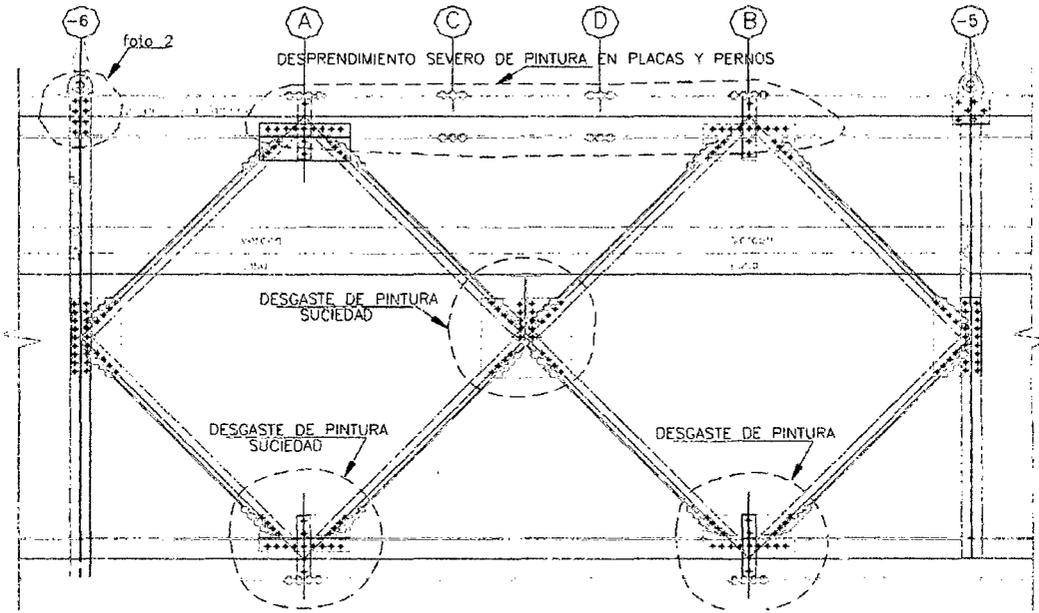


FOTO 1: TRAMO -6-5

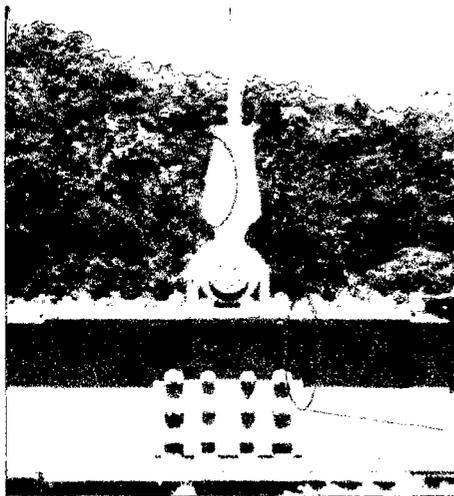


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

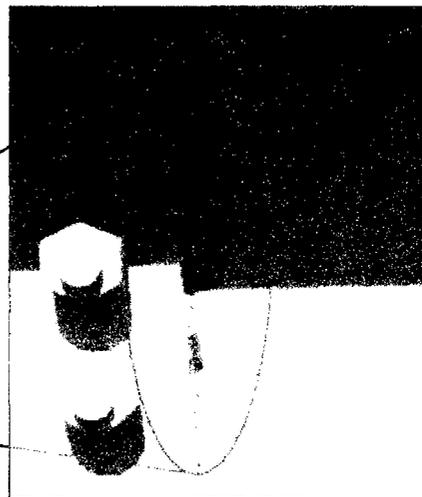


FOTO 3: DESPRENDIMIENTO DE PINTURA, L=20cm APROX (se aprecia la corrosión de metal)

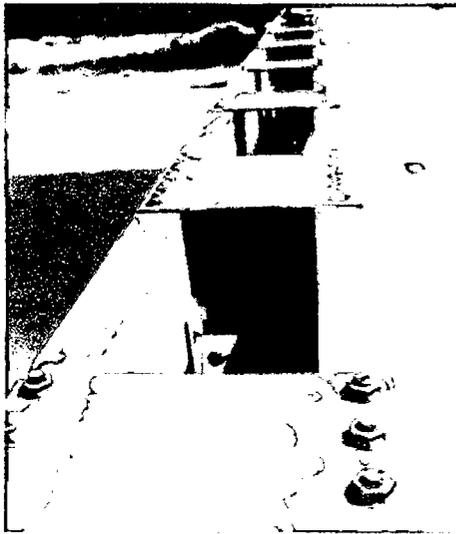


FOTO 4: DESPRENDIMIENTO DE PINTURA EN BRIDA SUPERIOR, PLACAS Y PERNOS.

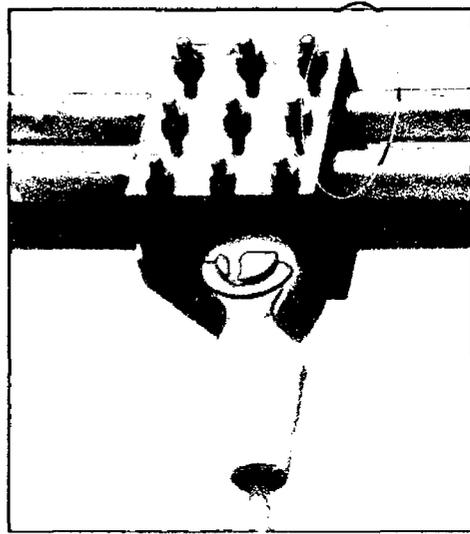


FOTO 5: SE APRECIA CORROSION EN CABLE PRINCIPAL

TRAMO

-5-4

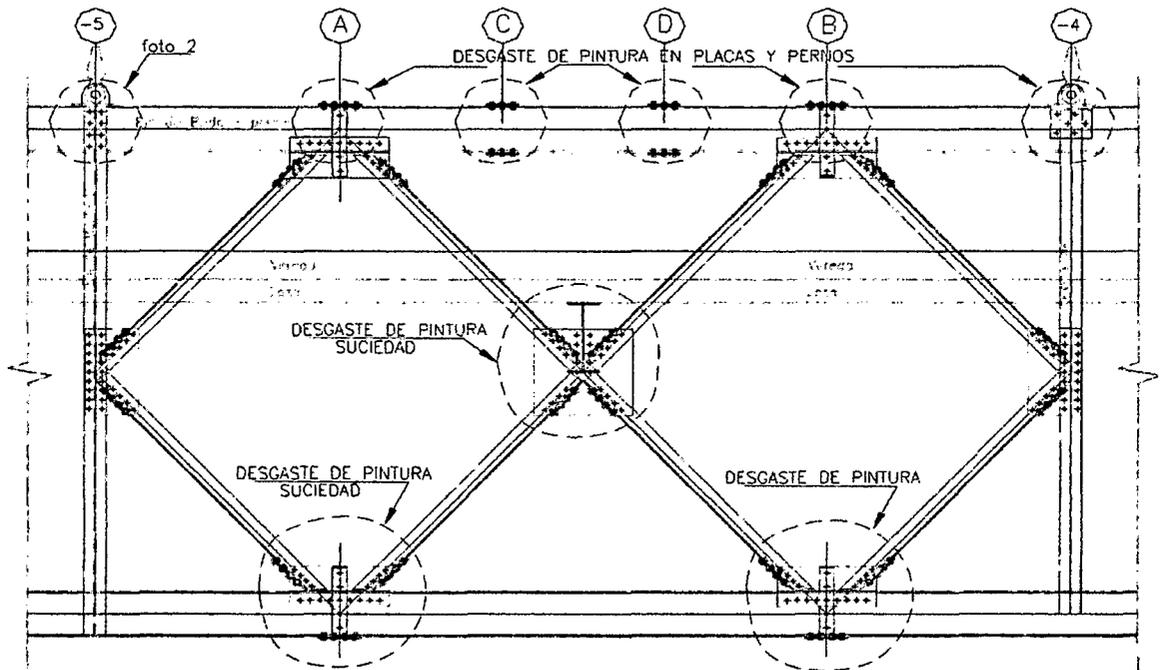


FOTO 1: TRAMO -5-4

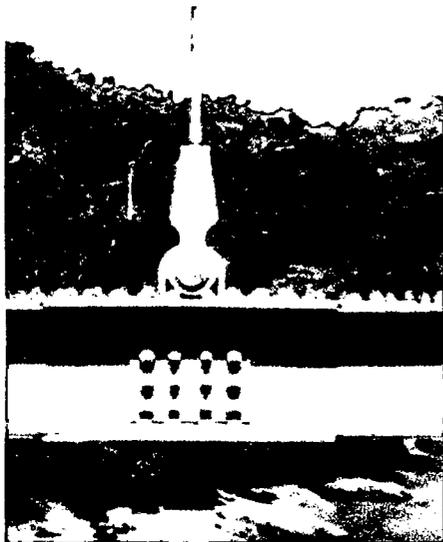


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

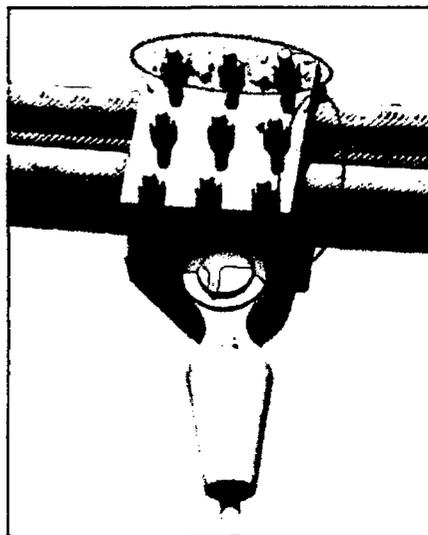


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN LA PLACA DE SOPORTE Y EN EL MISMO CABLE PRINCIPAL, ASI COMO CORROSION

TRAMO

-4-3

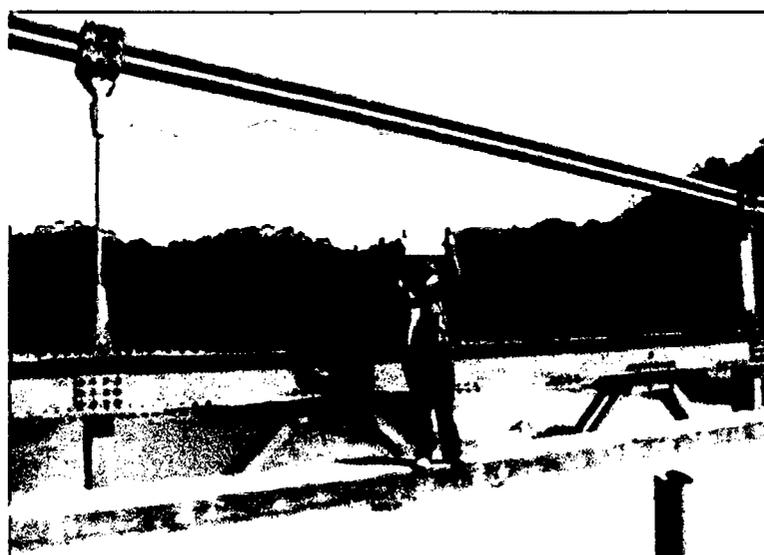
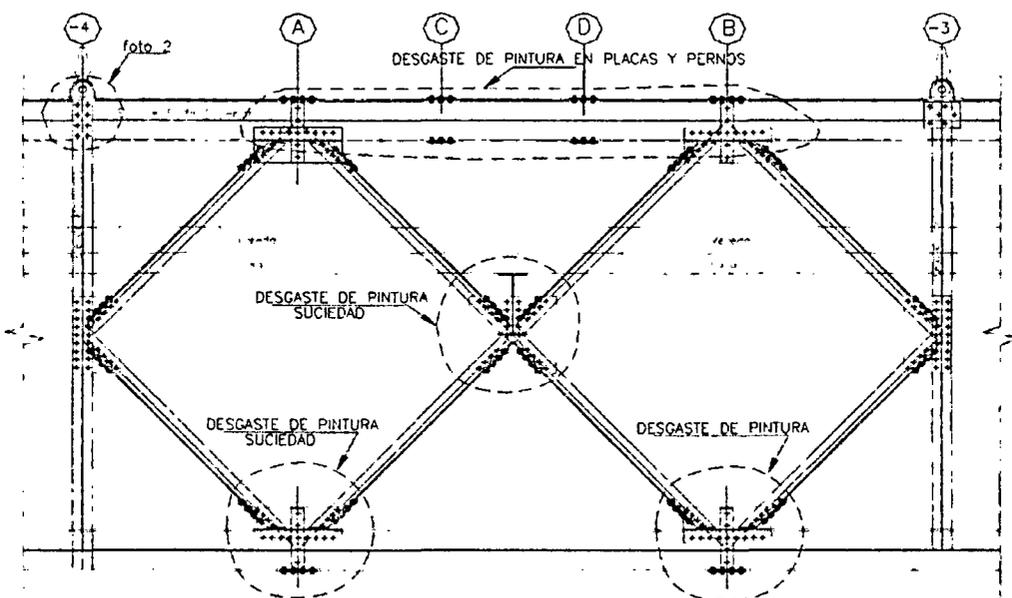


FOTO 1: TRAMO -4-3

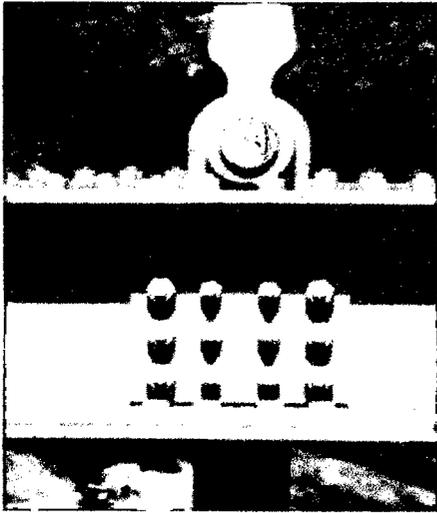


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA EN PERNOS

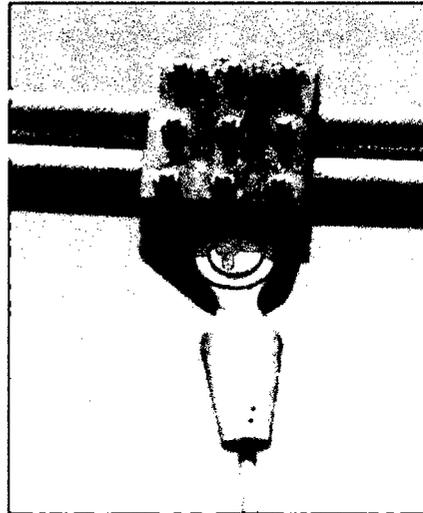


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION PLACA DE SOPORTE

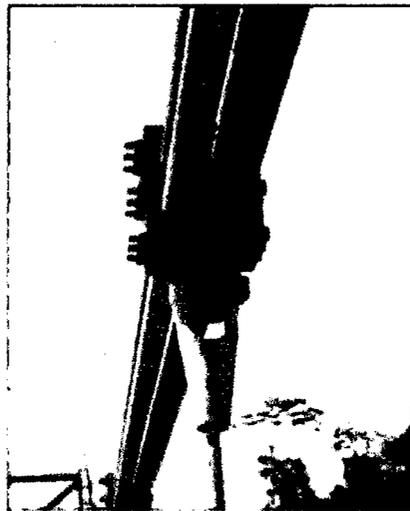
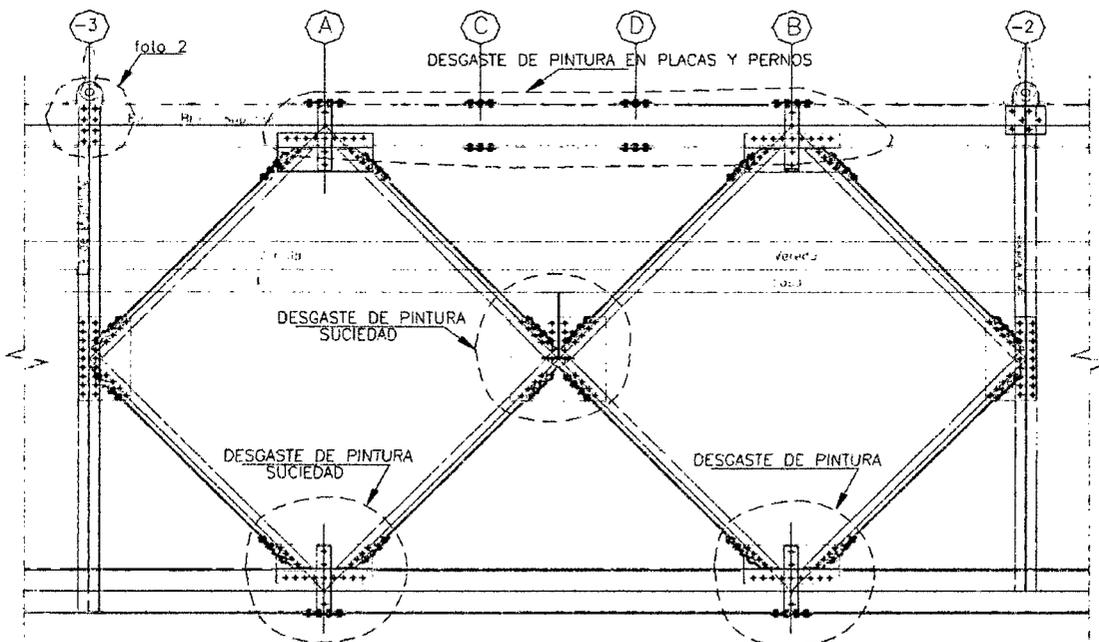


FOTO 4: SE APRECIA CORROSION EN CABLE PRINCIPAL

TRAMO -3-2



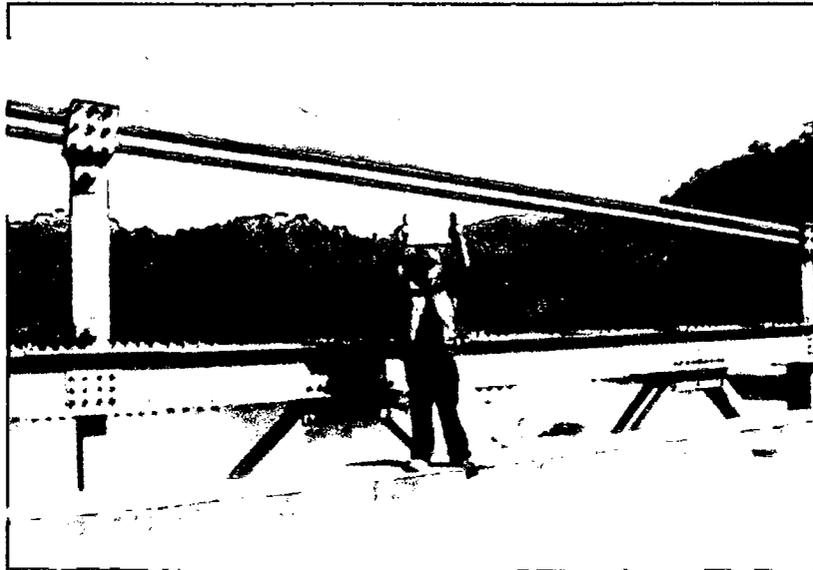


FOTO 1 : TRAMO -3-2

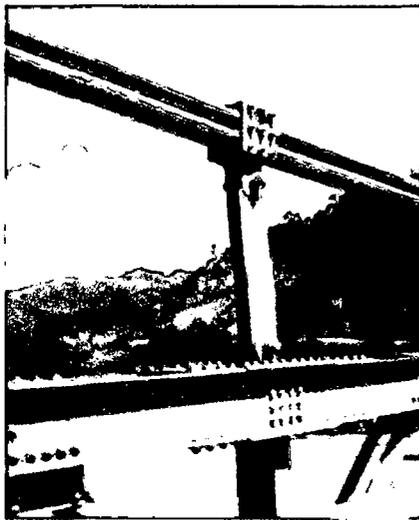


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

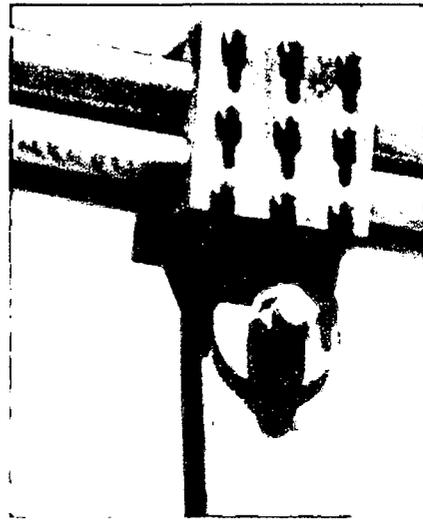
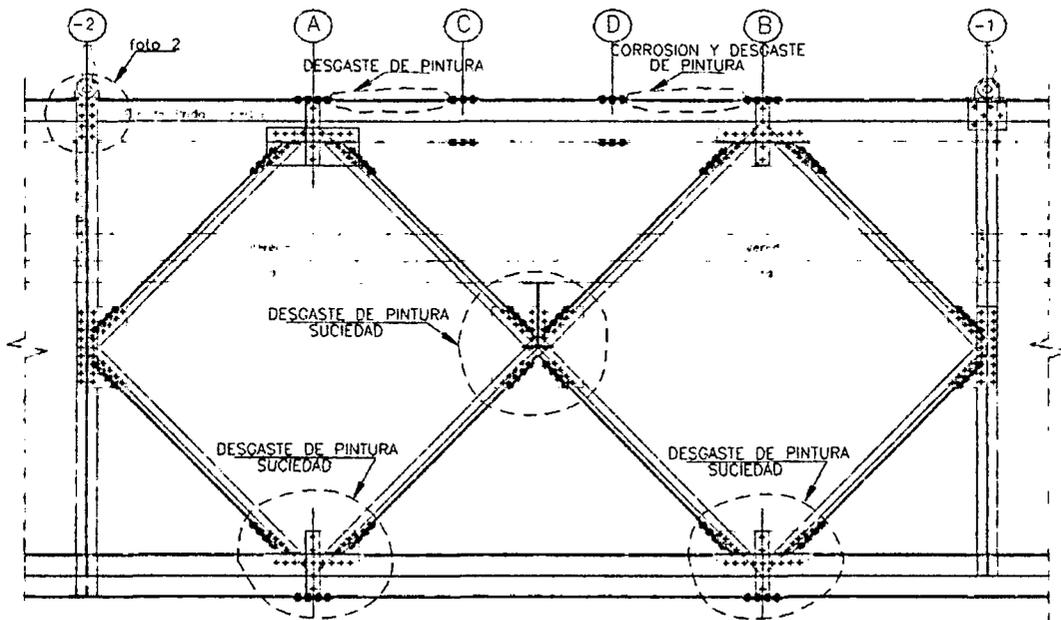


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION PLACA DE SOPORTE

TRAMO

-2-1



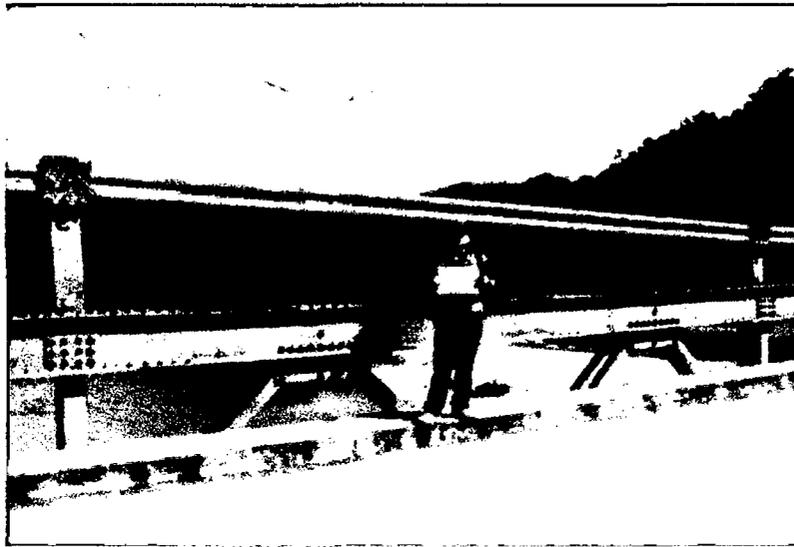


FOTO 1 : TRAMO -2-1



FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

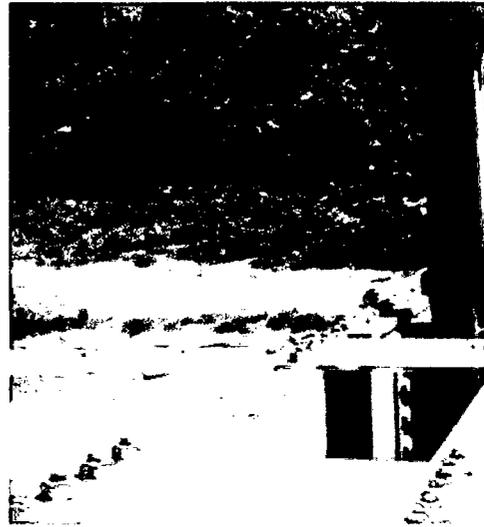


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN PLACAS Y BRIDA, ADEMAS DE DESGASTE DE PINTURA GENERALIZADO

TRAMO

-1-0

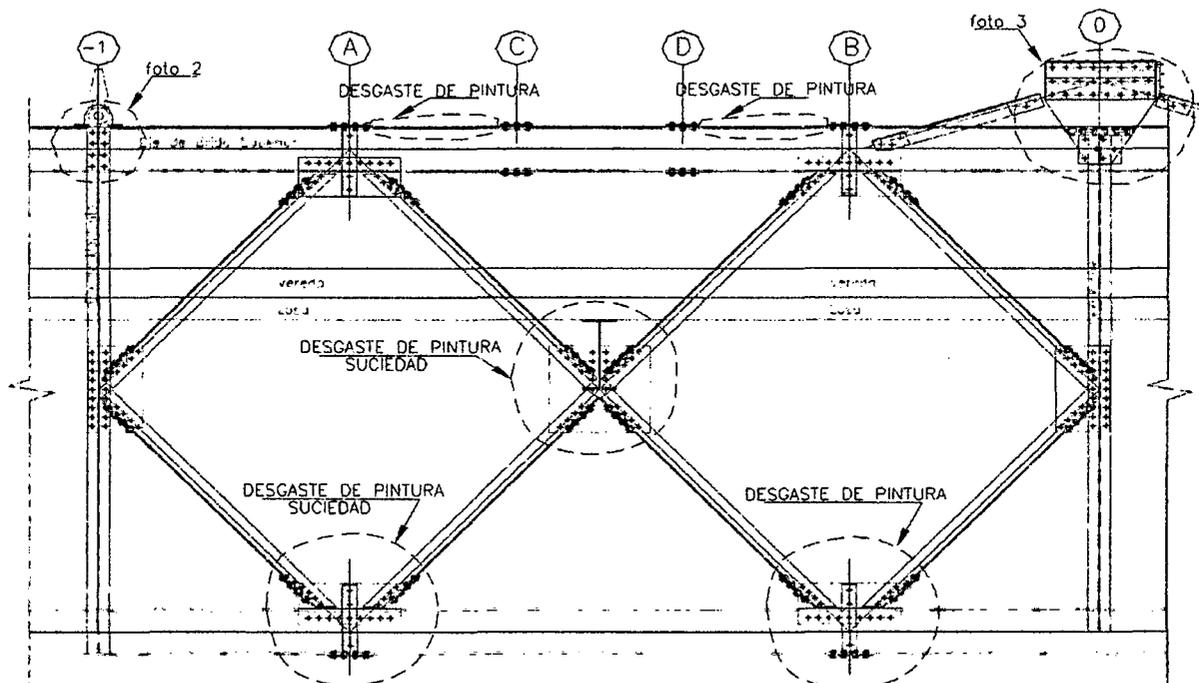




FOTO 1 : TRAMO -1.0

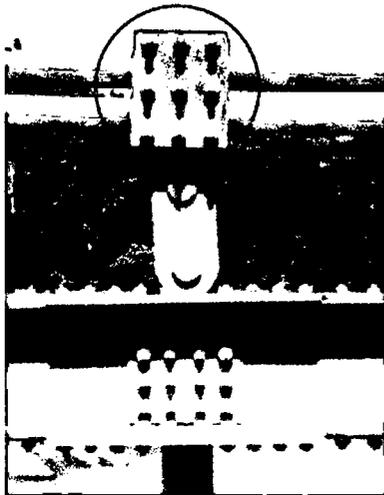


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA Y CORROSION EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

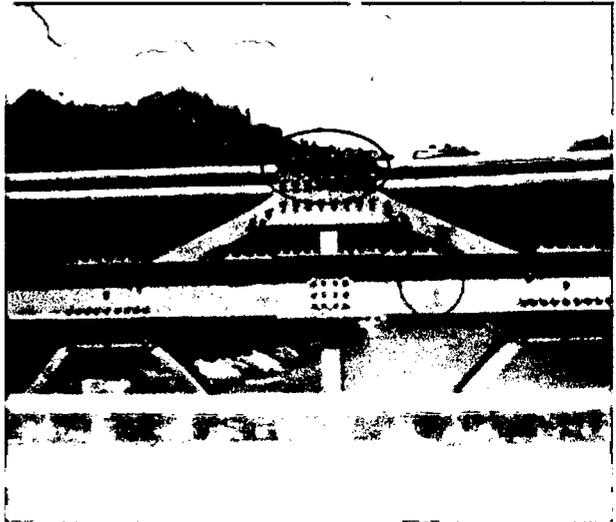
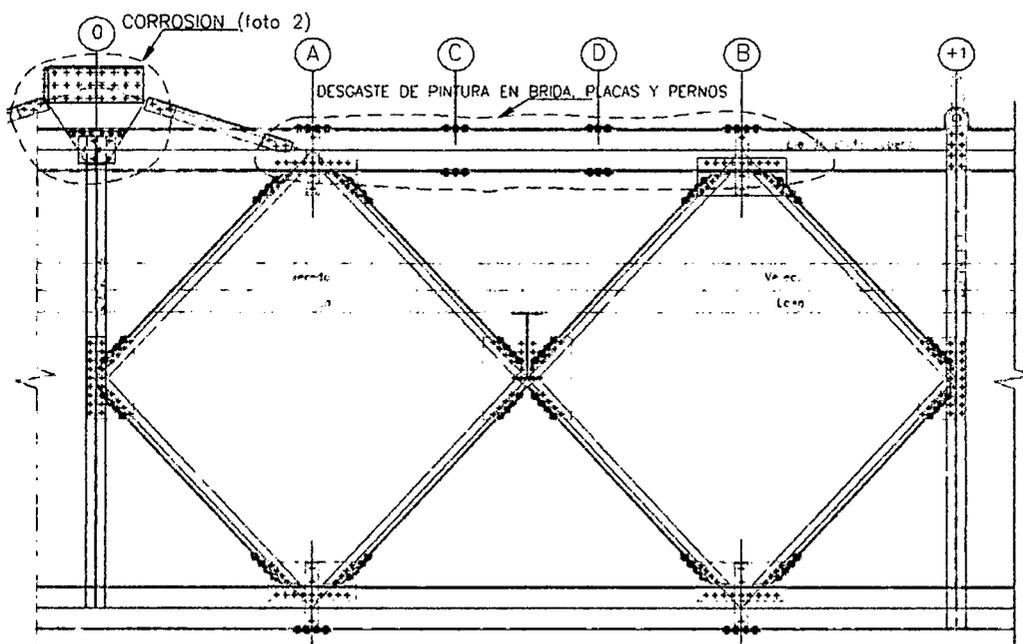


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN BRIDA Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA CENTRAL

TRAMO

0+1



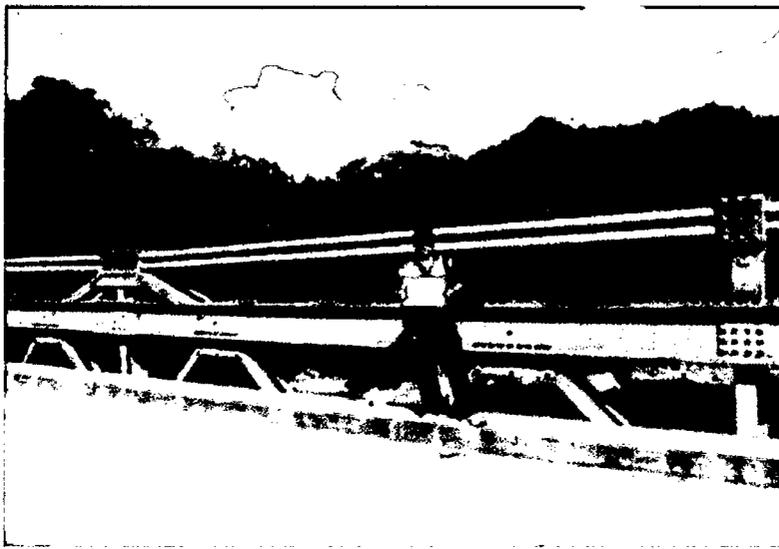


FOTO 1 : TRAMO 0+1

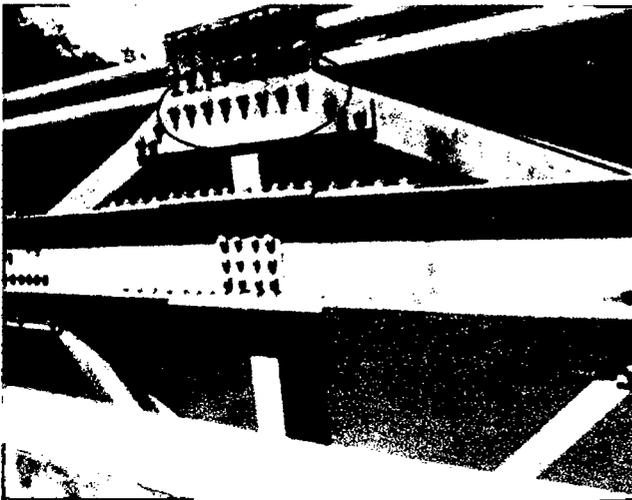


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA Y CORROSION EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

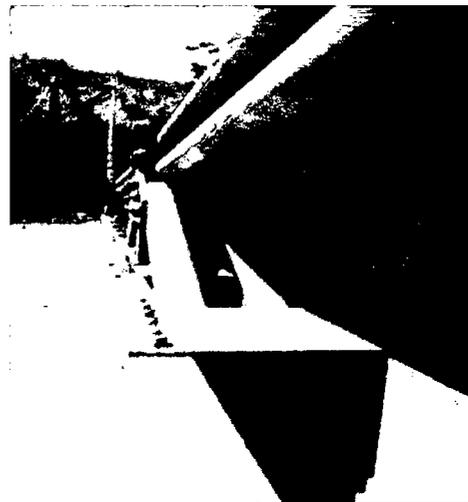
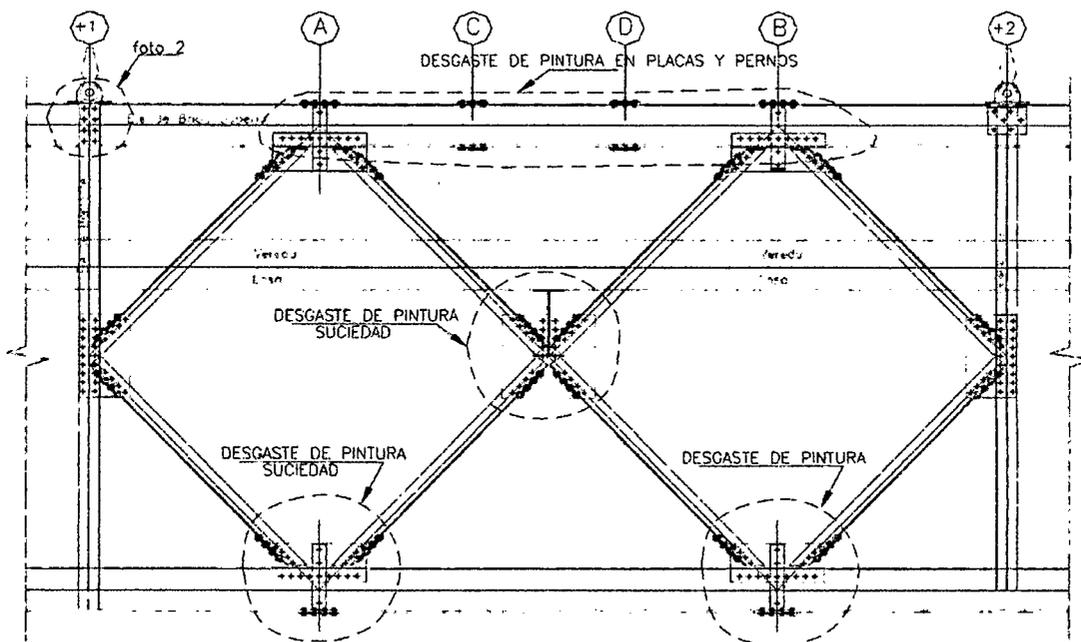


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN BRIDA, CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA CENTRAL

TRAMO +1+2



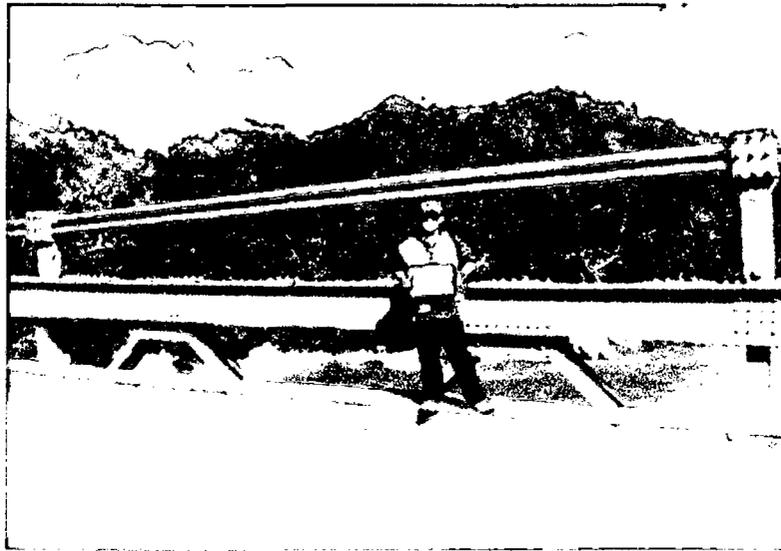


FOTO 1 : TRAMO +1+2

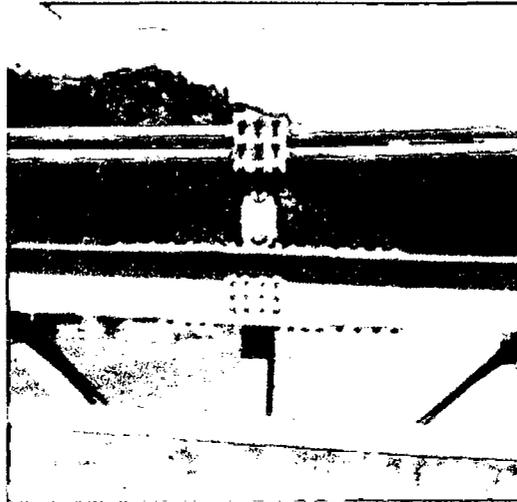


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA Y CORROSION EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO

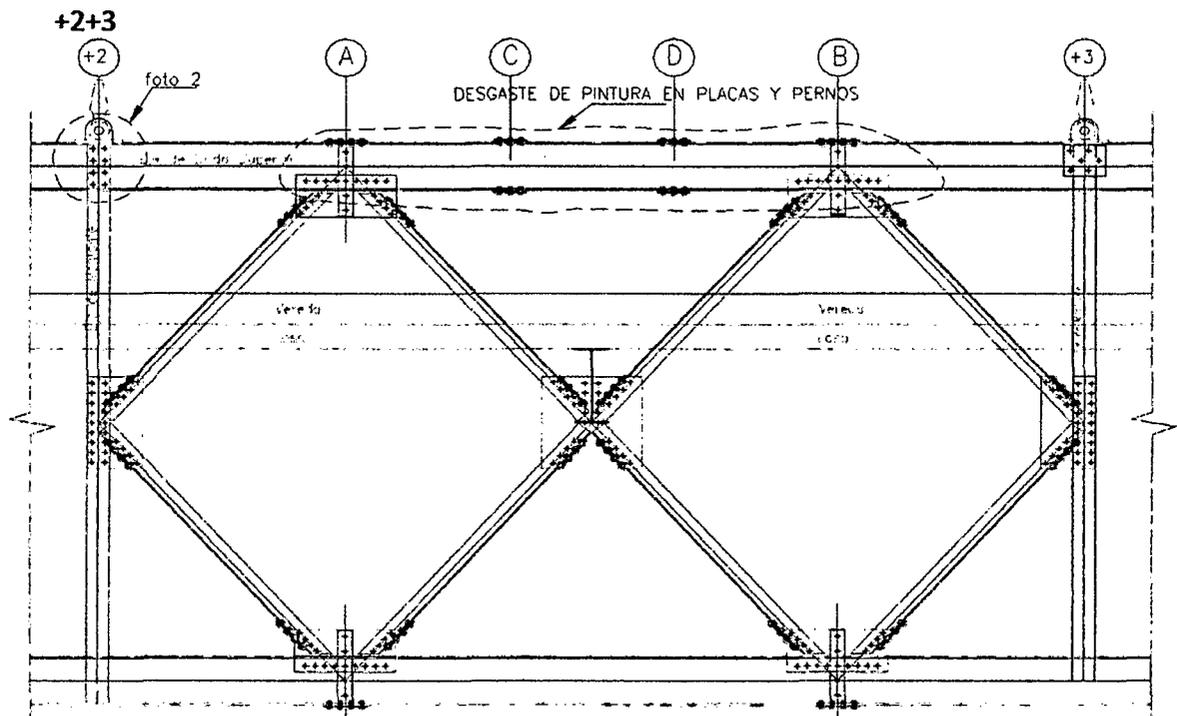




FOTO 1 : TRAMO +2+3

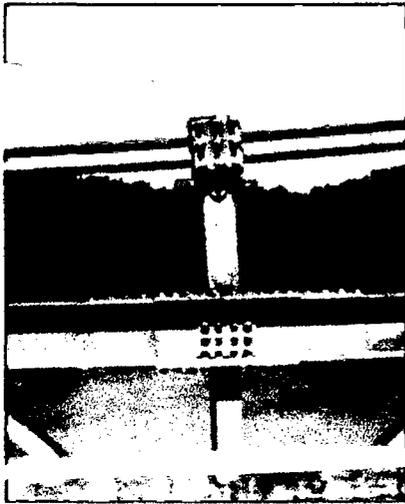


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA Y CORROSION EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

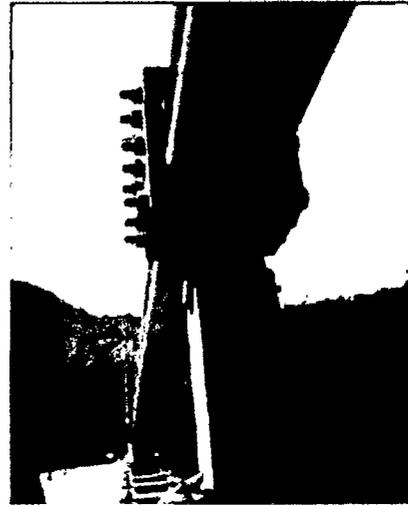
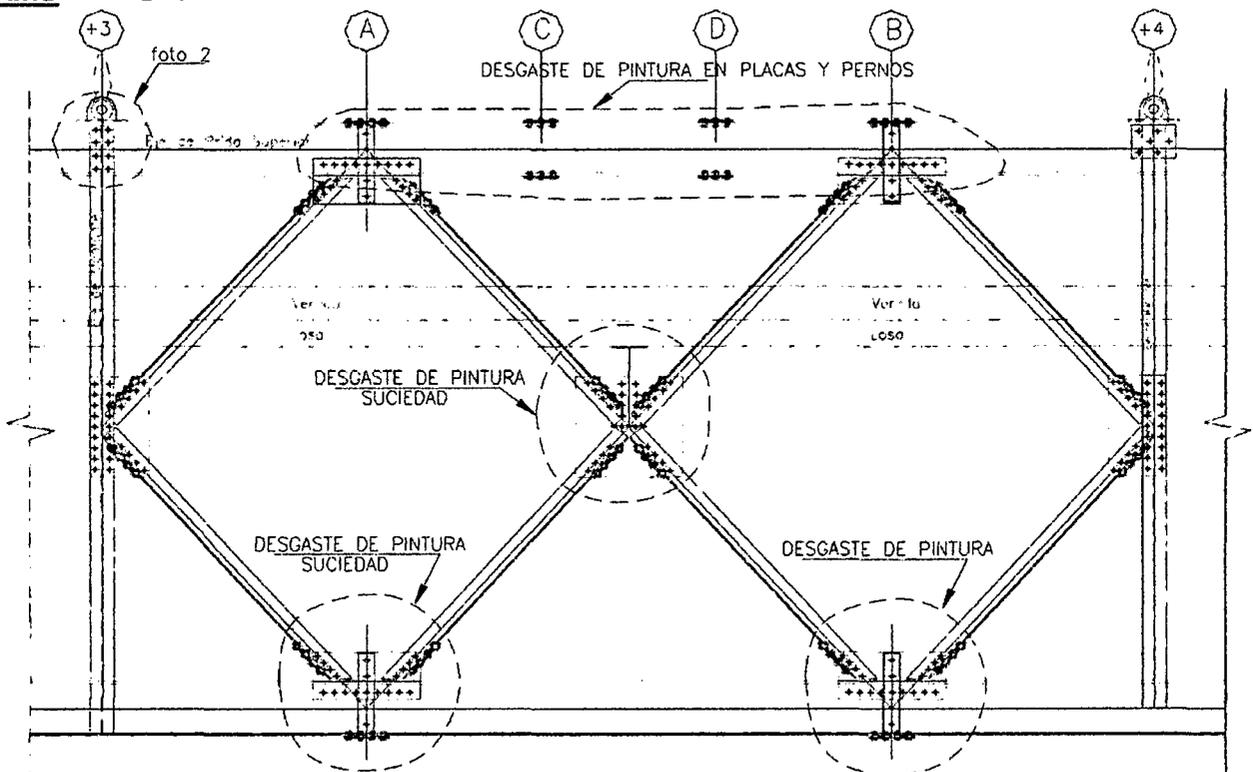


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO

+3+4



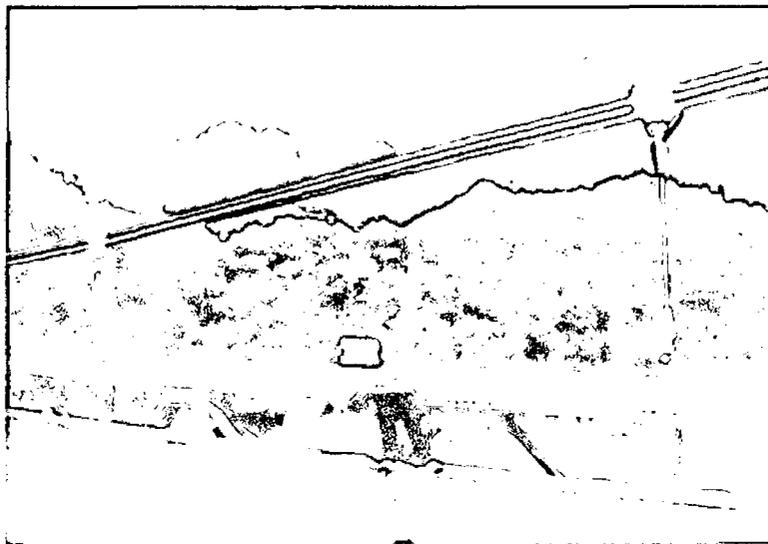


FOTO 1 : TRAMO +3+4

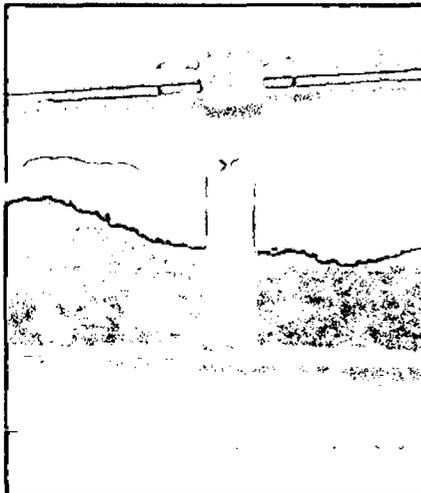


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA Y CORROSION EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA Y EN BRIDA.



FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO

+4+5

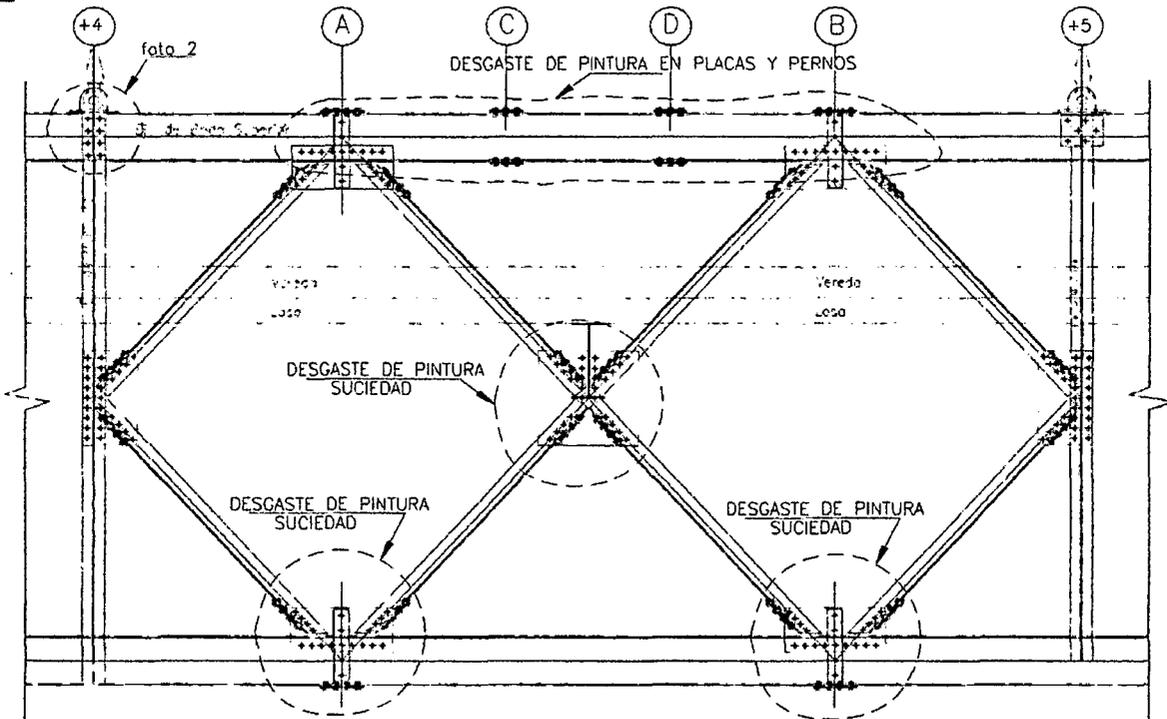




FOTO 1 : TRAMO +4+5

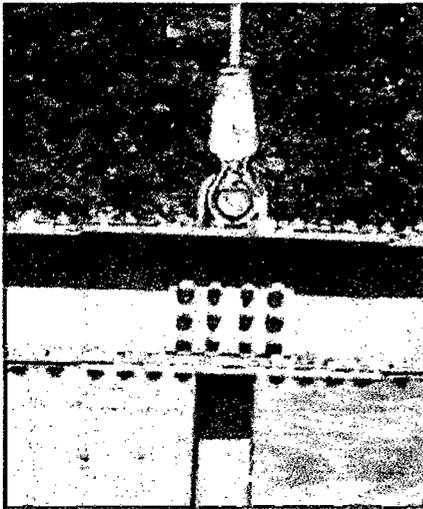


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

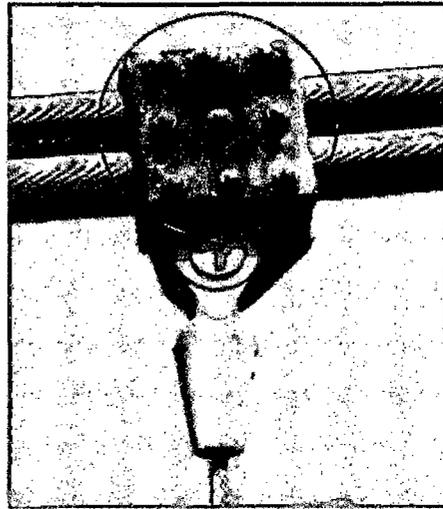


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO

+5+6

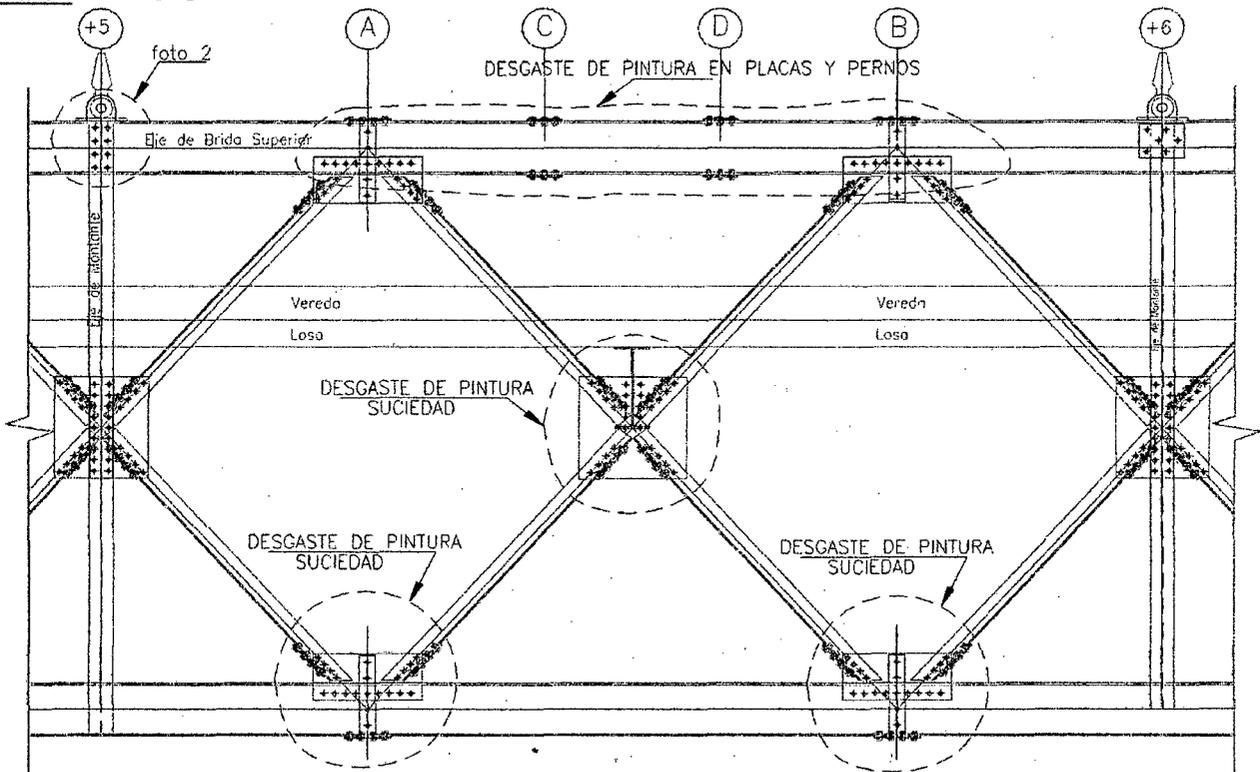




FOTO 1 : TRAMO +5+6

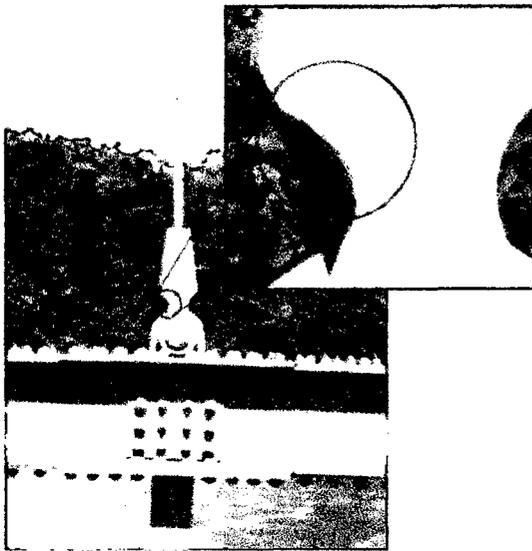


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

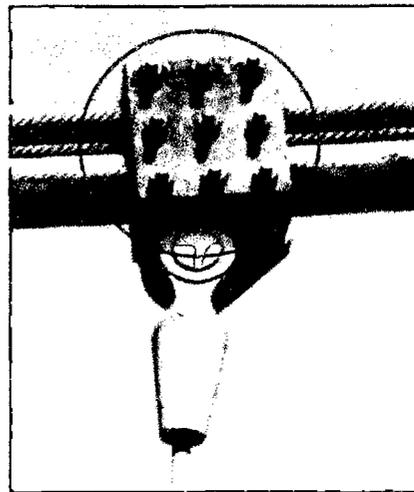
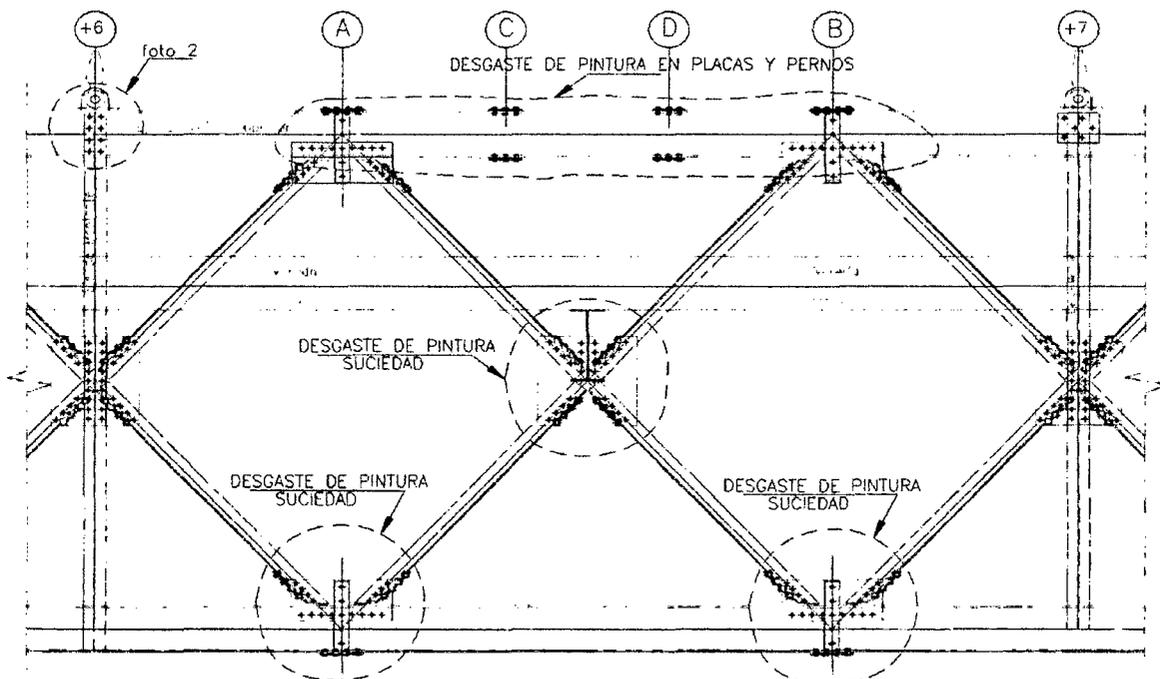


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO +6+7



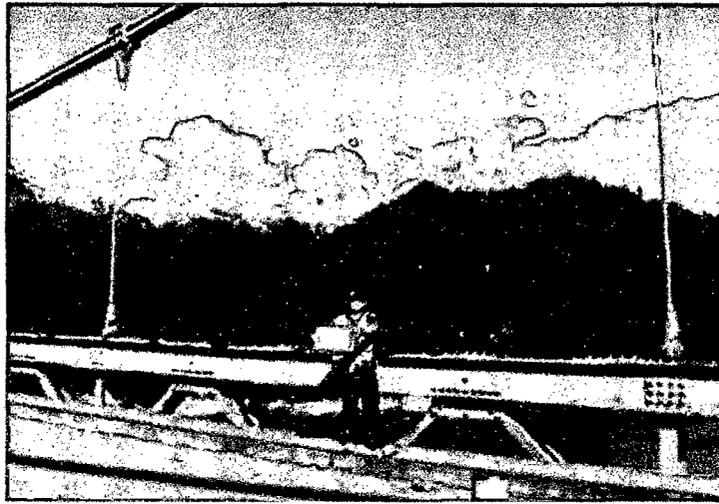


FOTO 1 : TRAMO +6+7

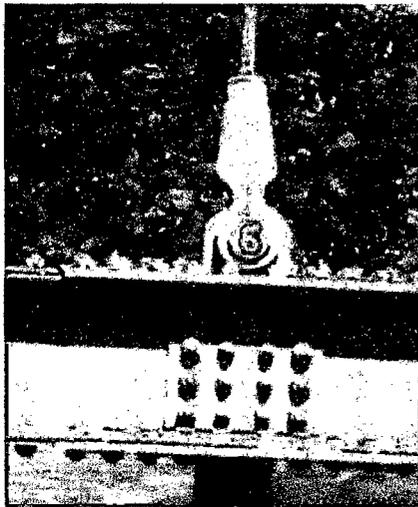


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

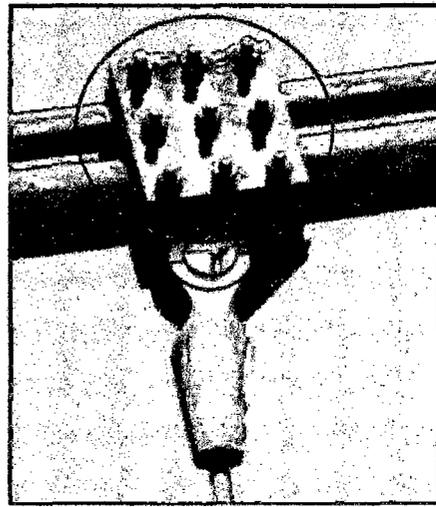


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO +7+8

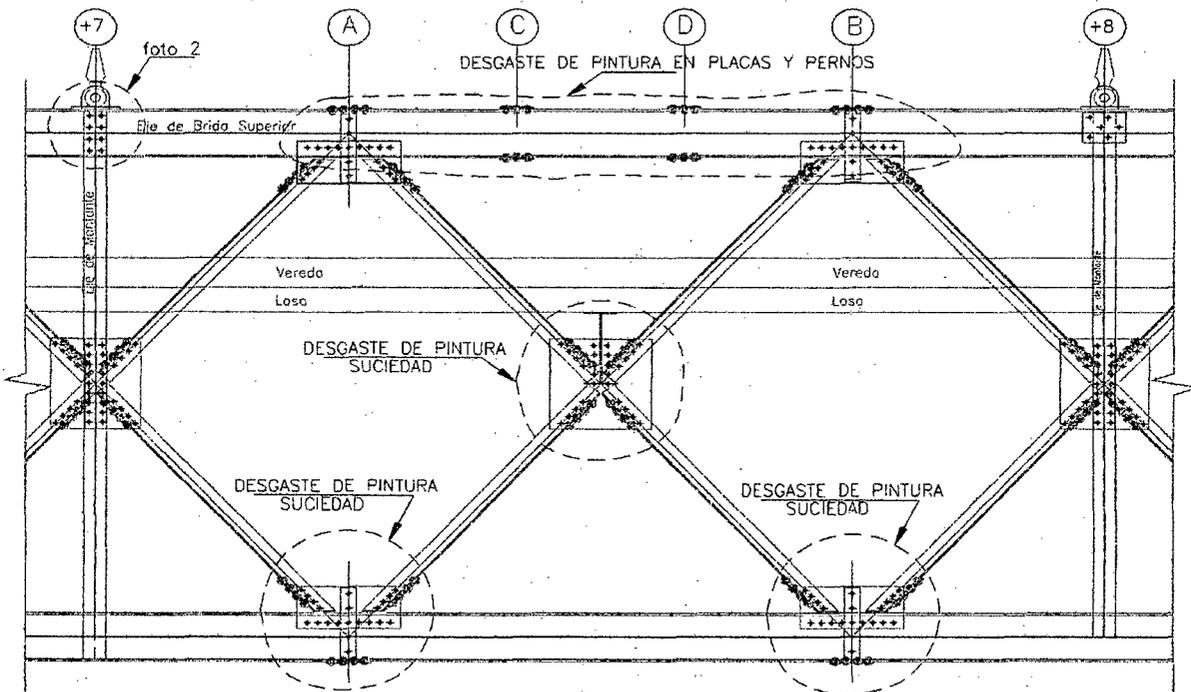




FOTO 1 : TRAMO +7+8

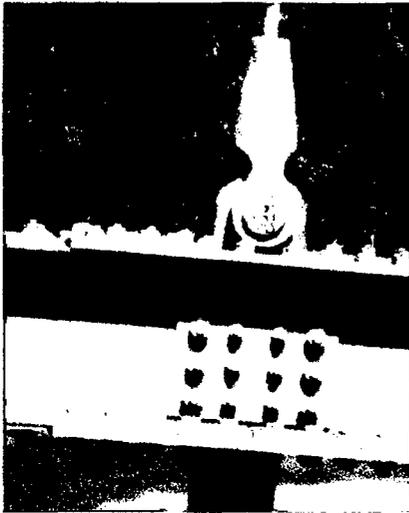


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

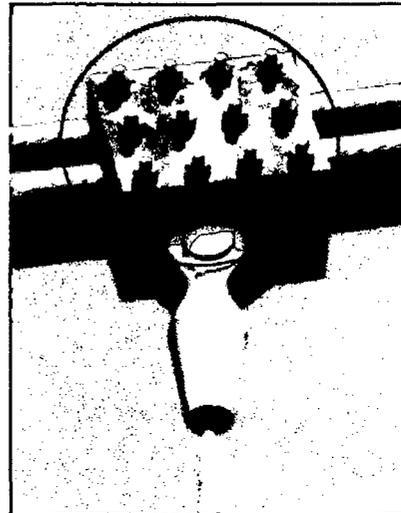


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO +8+9

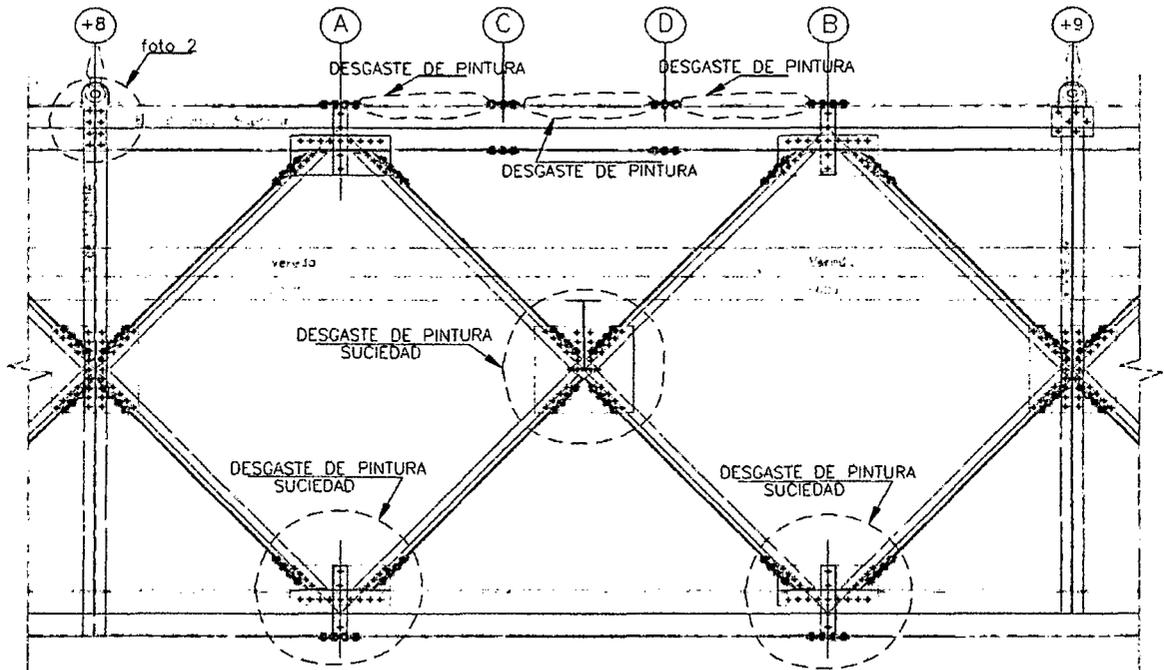




FOTO 1: TRAMO +8+9

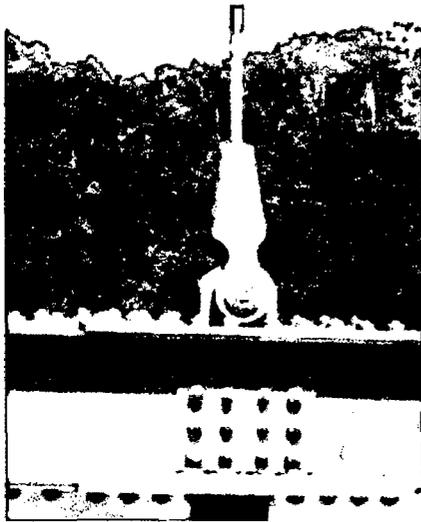


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

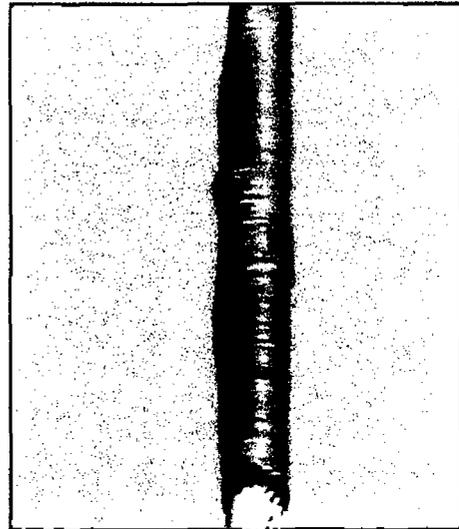
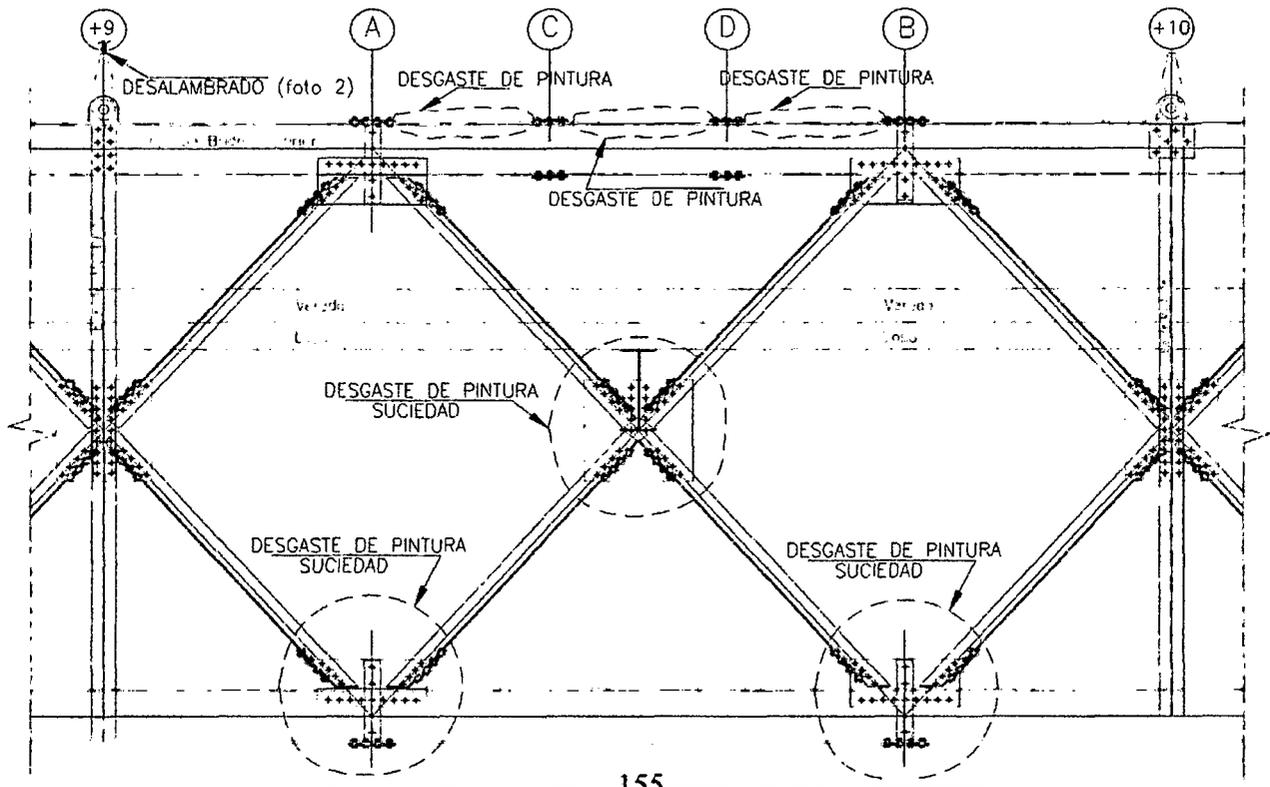


FOTO 3: SE OBSERVA TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVIO CON ZUNCHADO DEL CABLE DE LA PENDOLA

TRAMO +9+10



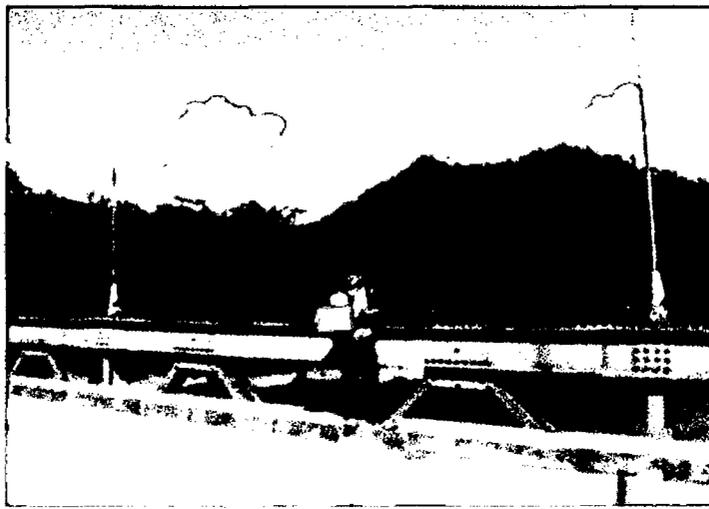


FOTO 1: TRAMO +9+10

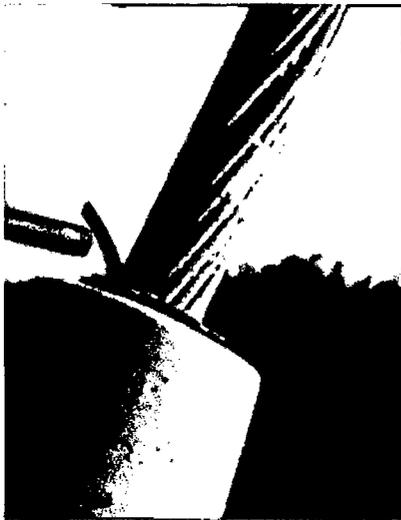


FOTO 2: SE APRECIA PARTE INFERIOR DE ALAMBRE ROTO (deshebrado)

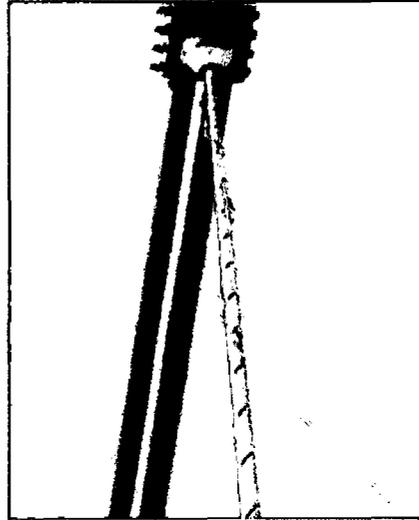


FOTO 3: SE APRECIA PARTE SUPERIOR DE ALAMBRE ROTO

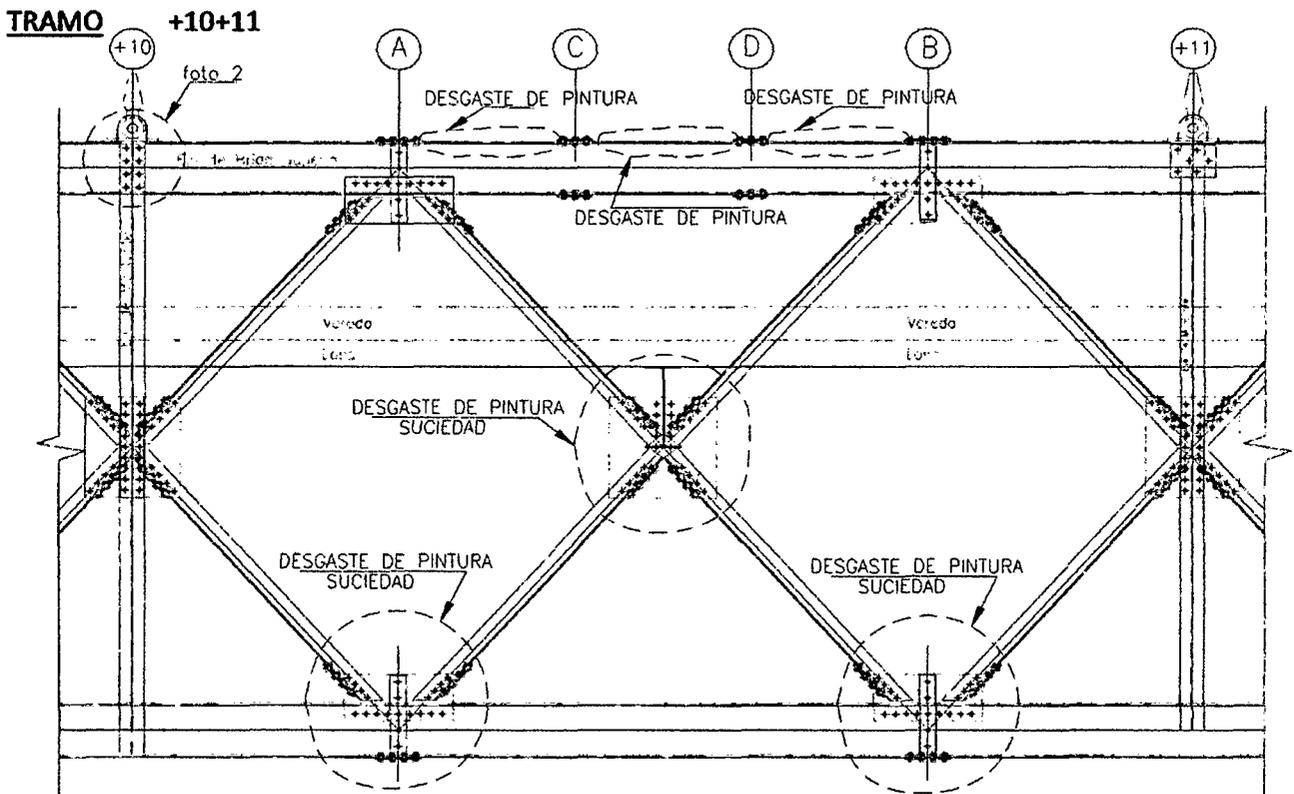




FOTO 1: TRAMO +10+11

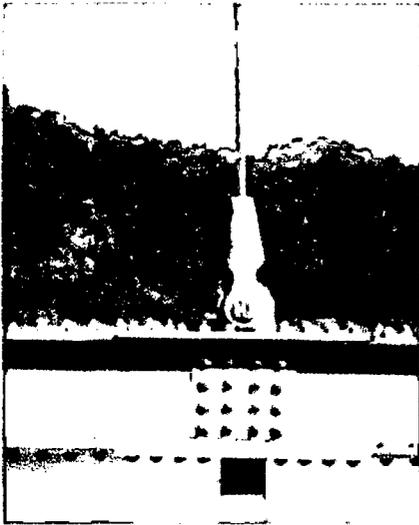


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

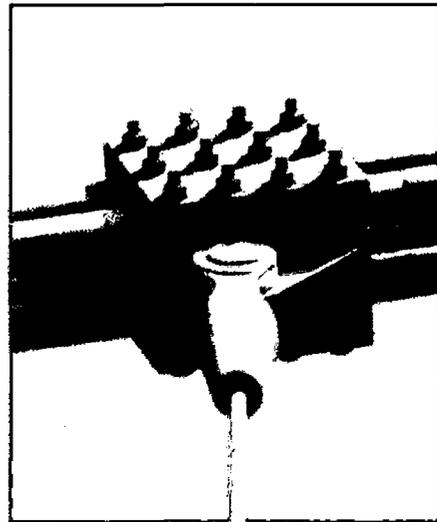
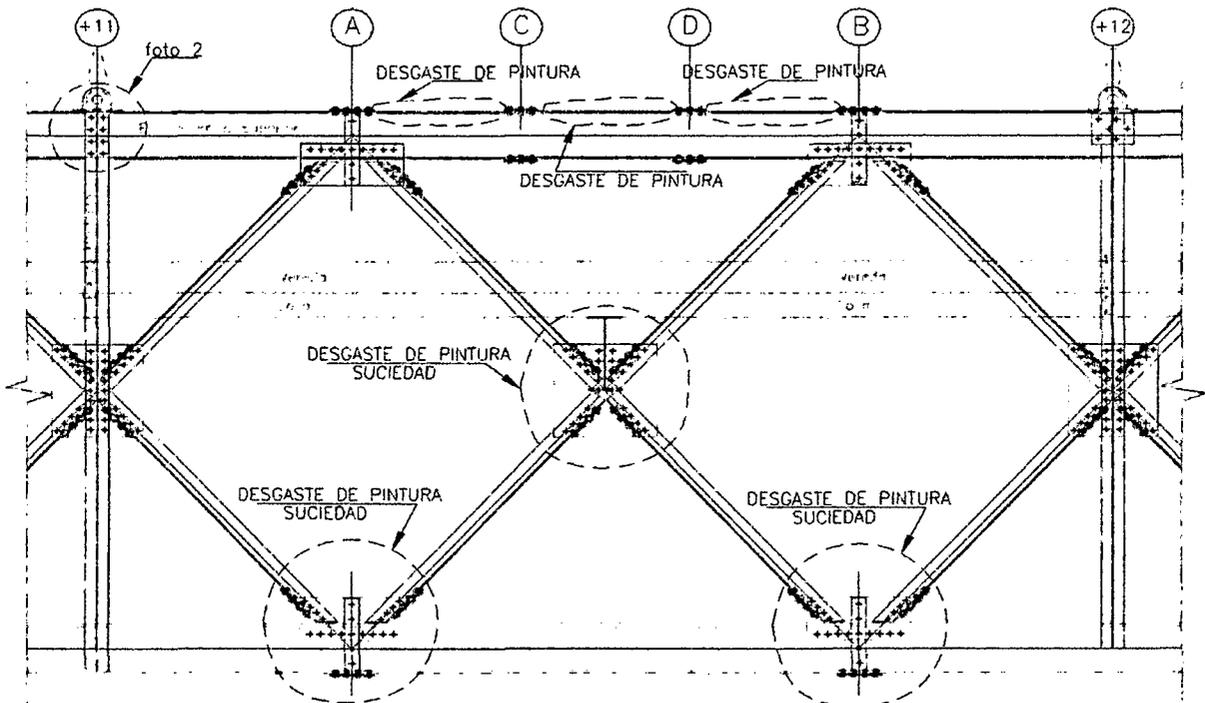


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO +11+12



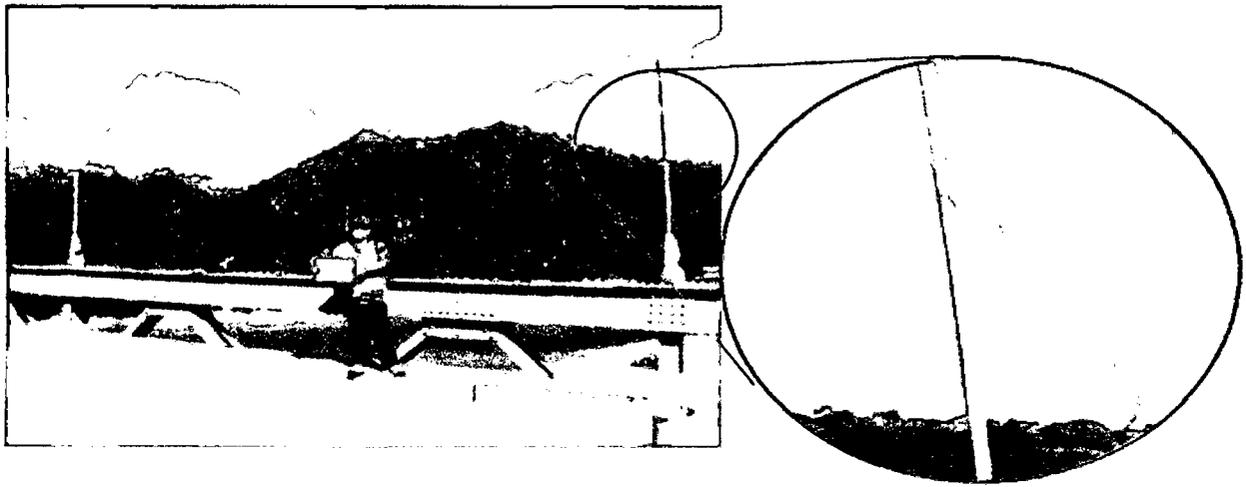


FOTO 1: TRAMO +11+12



FOTO 2: SE APRECIA ROTURA DE ALAMBRES DE LA PENDOLA.

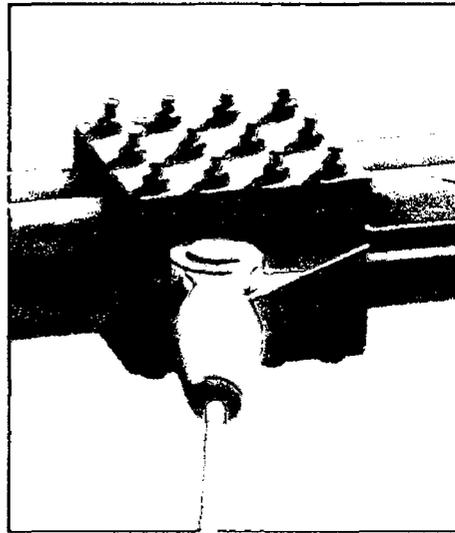
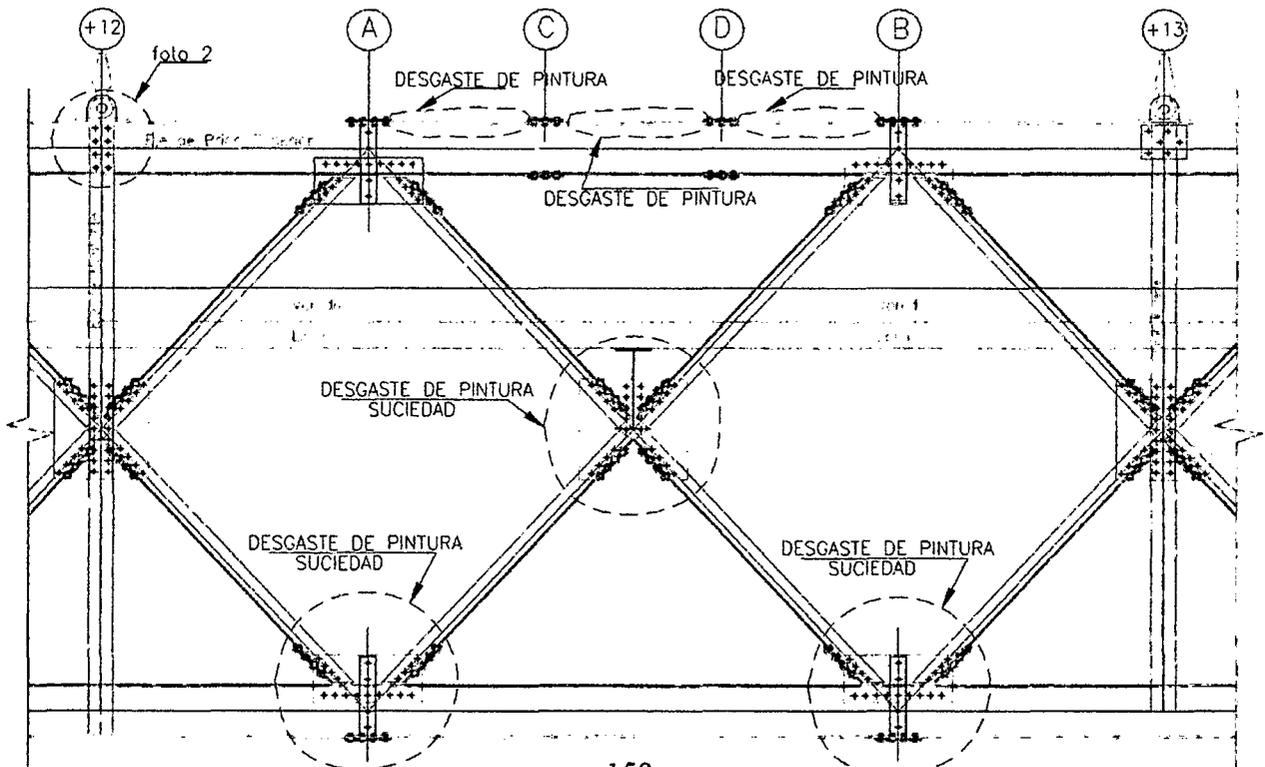


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE LONGITUDINAL Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

TRAMO +12+13



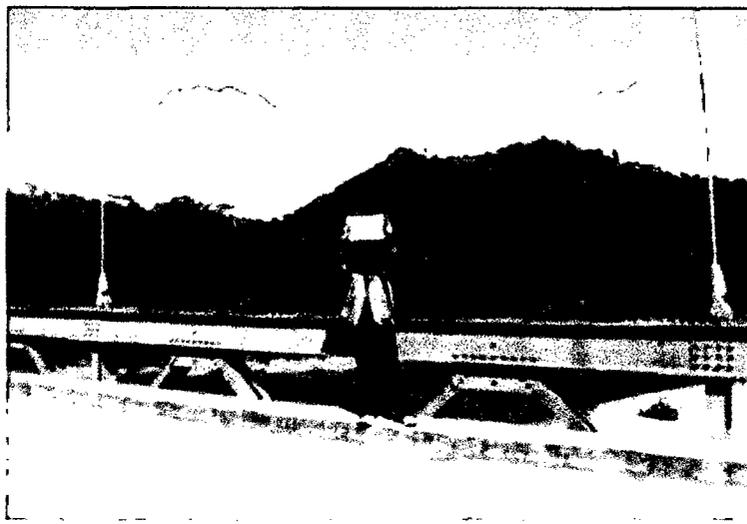


FOTO 1: TRAMO +12+13

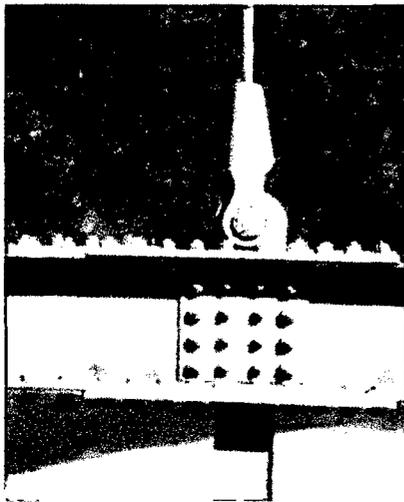


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

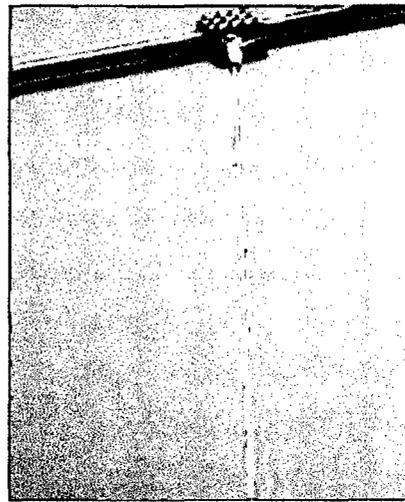


FOTO 3: SE APRECIA ALAMBRE ROTO

TRAMO +13+14

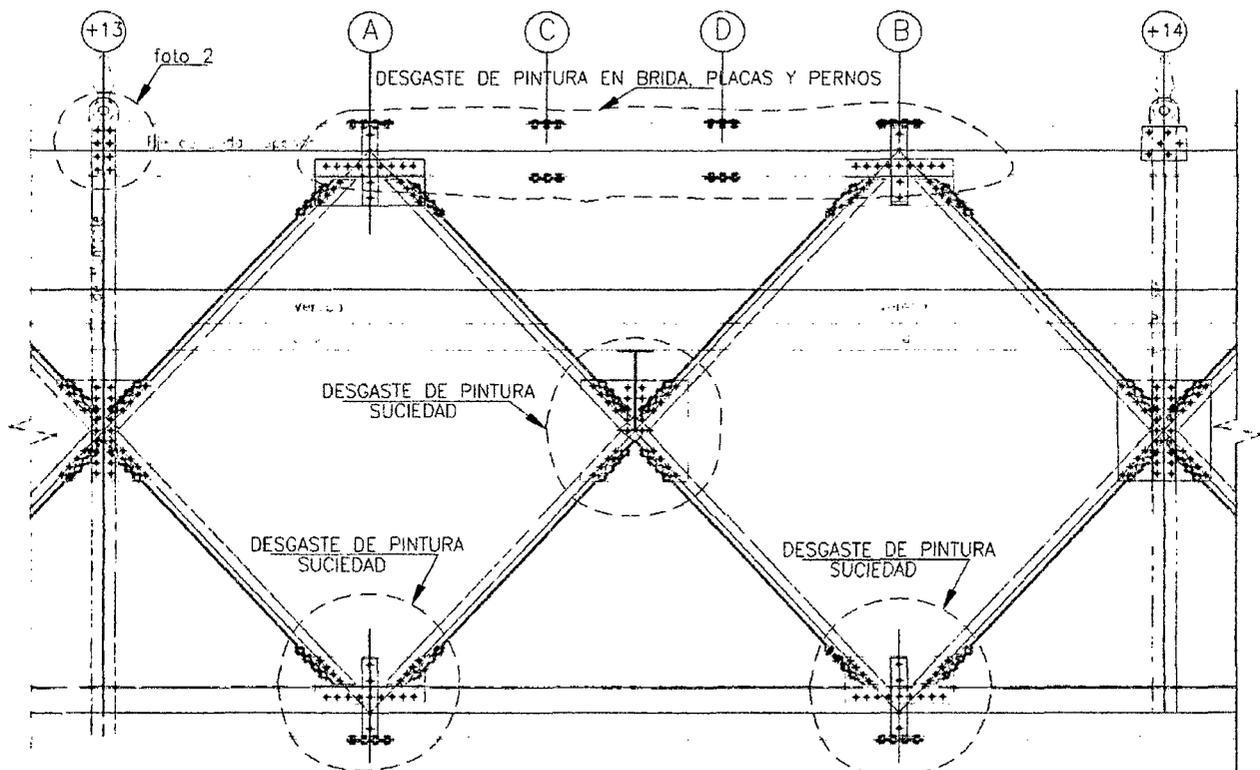




FOTO 1: TRAMO +13+14

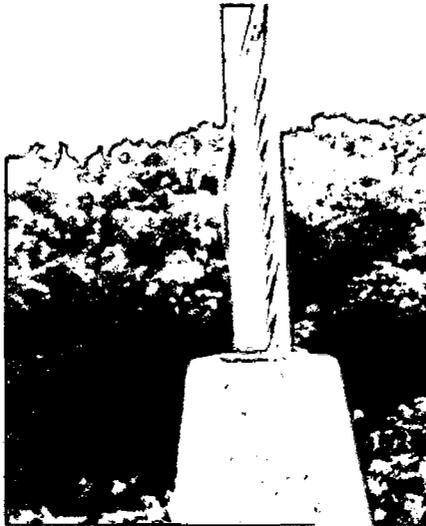
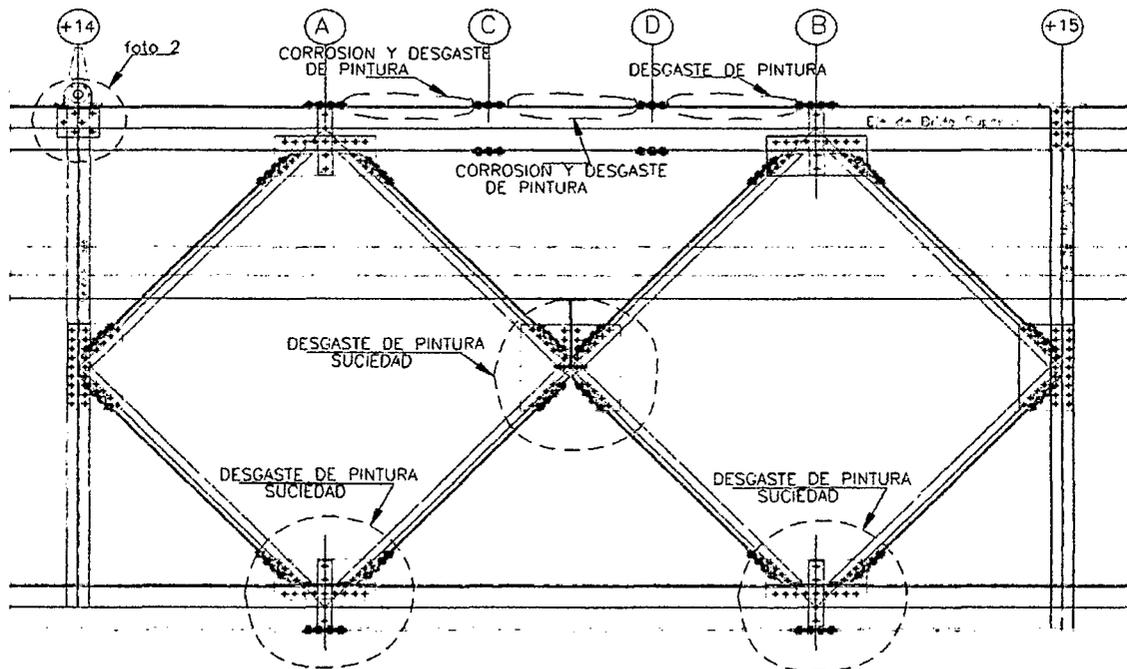


FOTO 2: SE APRECIA ROTURA DE ALAMBRES DE LA
PENDOLA

TRAMO +14+15



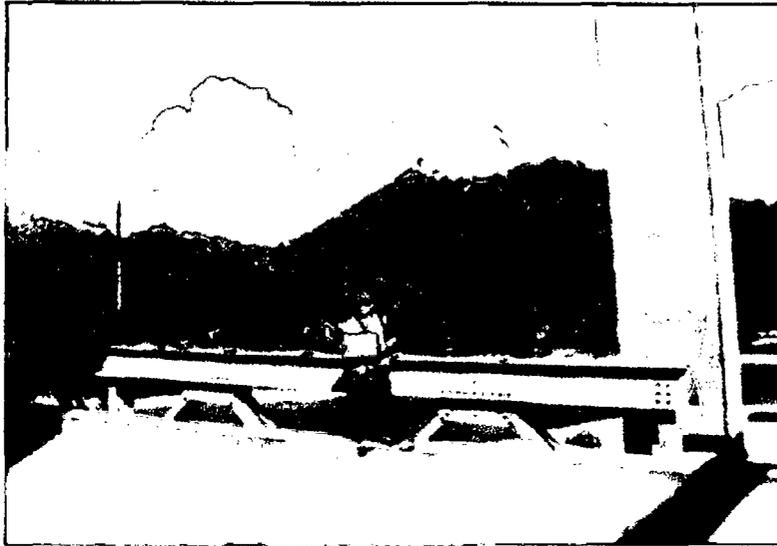


FOTO 1: TRAMO +14+15

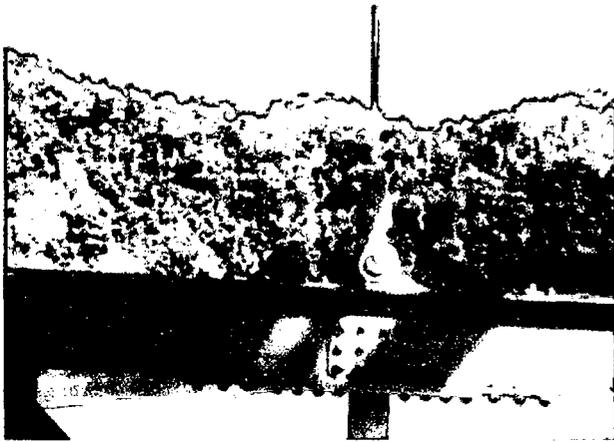


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA



FOTO 3: SE APRECIA DESGASTE Y DESPRENDIMIENTO DE PINTURA

TRAMO +15+14

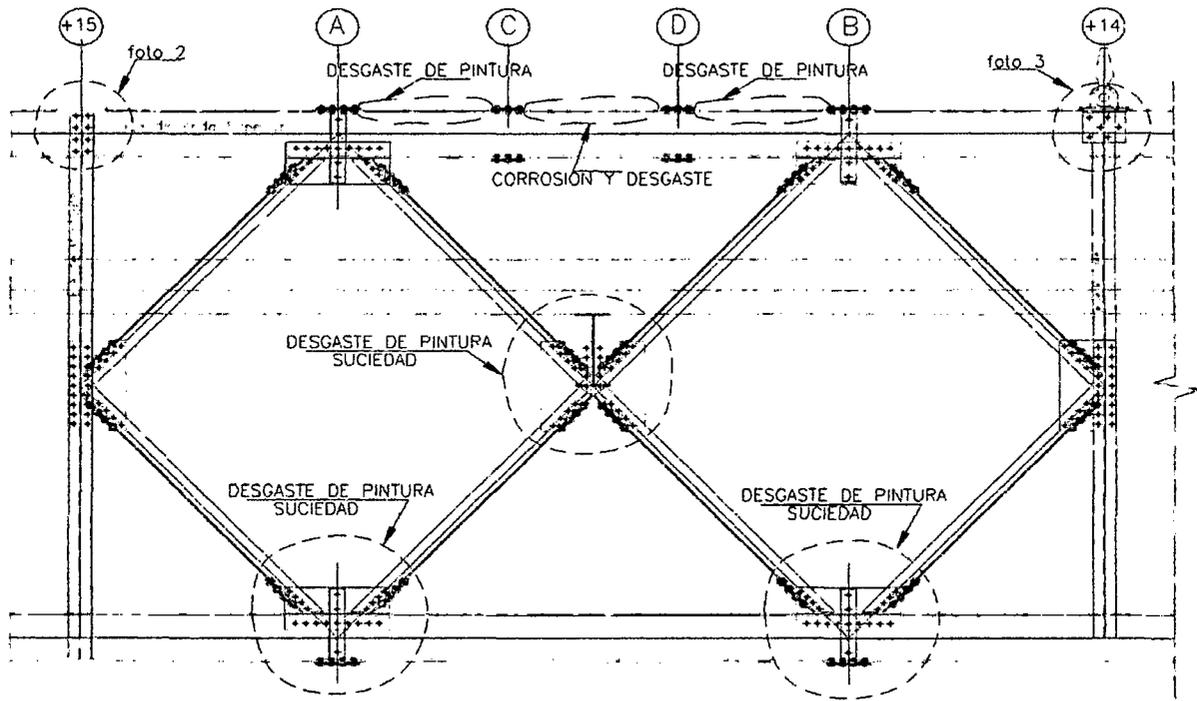


FOTO 1 : TRAMO +15 +14



FOTO 2 : CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA
DESPRENDIMIENTO Y FALLA DE LA JUNTA METALICA

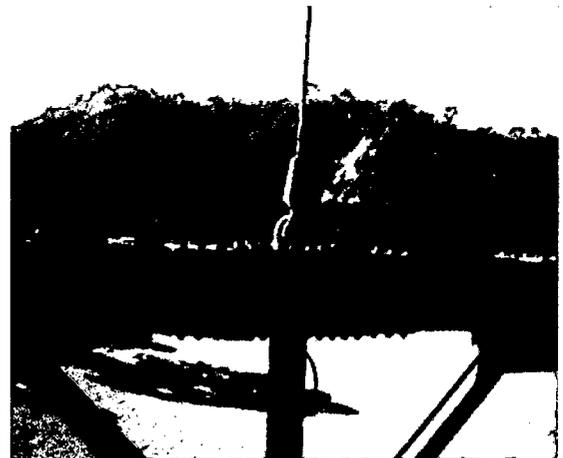


FOTO 3 : CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

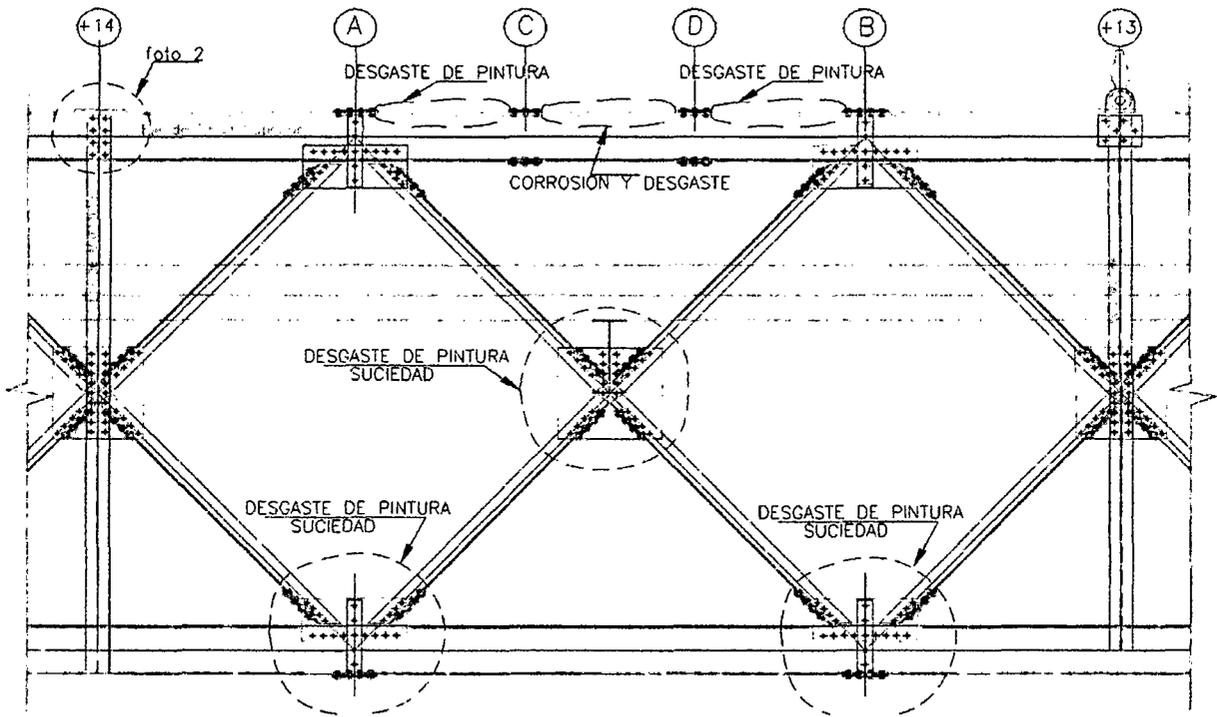
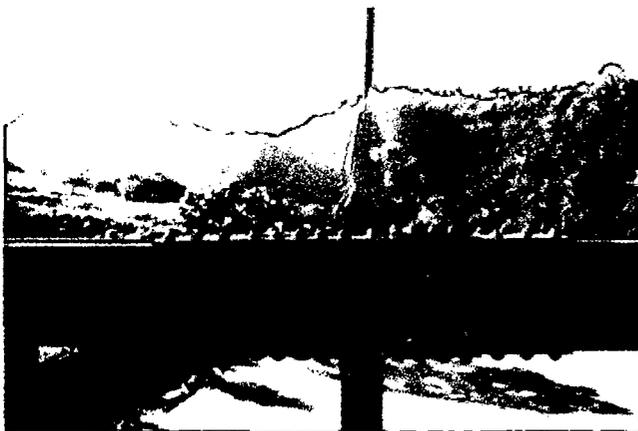
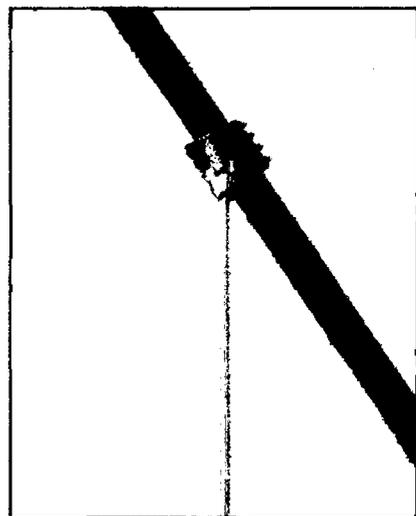


FOTO 1 : TRAMO +14 +13



**FOTO 2 : CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA
DESPRENDIMIENTO Y FALLA DE LA JUNTA METALICA**



**FOTO 3 : CORROSION EN PLACA DEL SOPORTE SUPERIOR
DE PENDOLA ADEMAS DE MANCHAS Y CORROSION
EN CABLE PRINCIPAL**

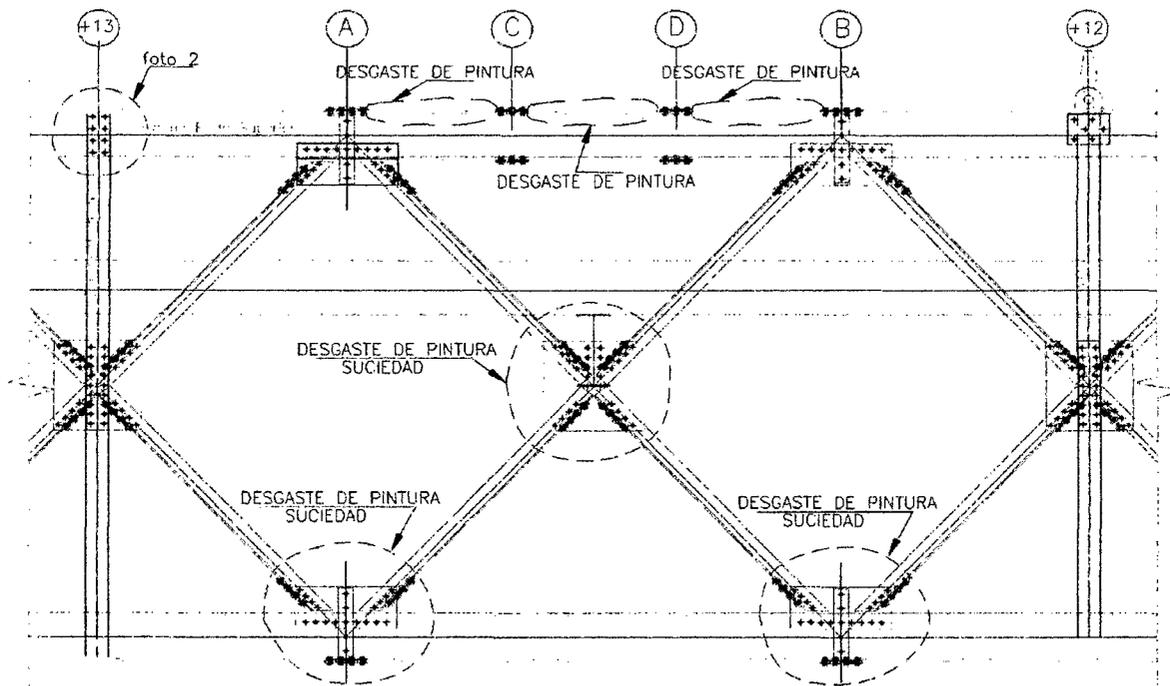


FOTO 1 : TRAMO +13 +12

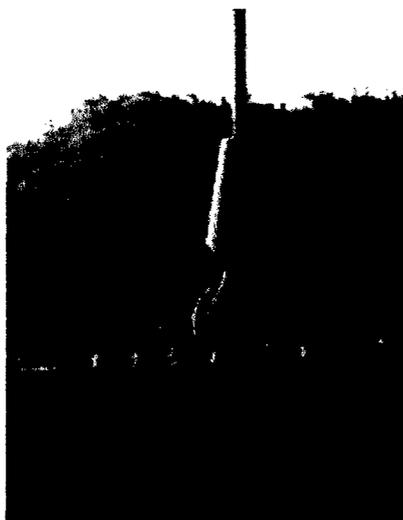


FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA EN ELEMENTOS METALICOS

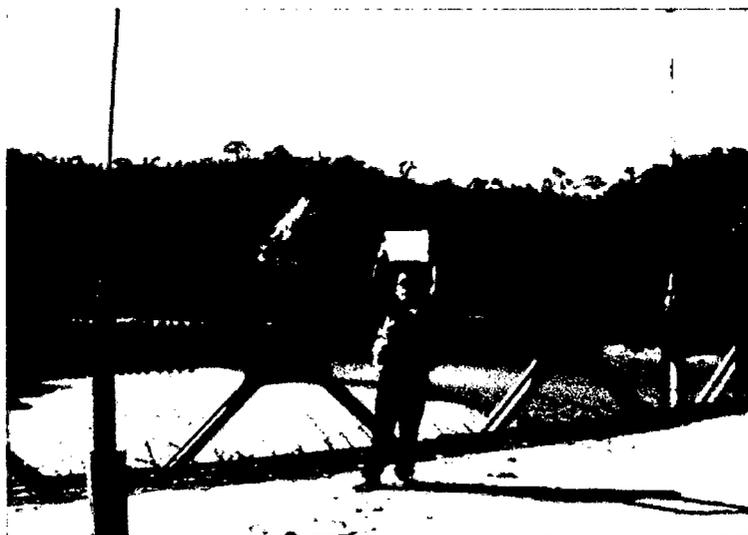
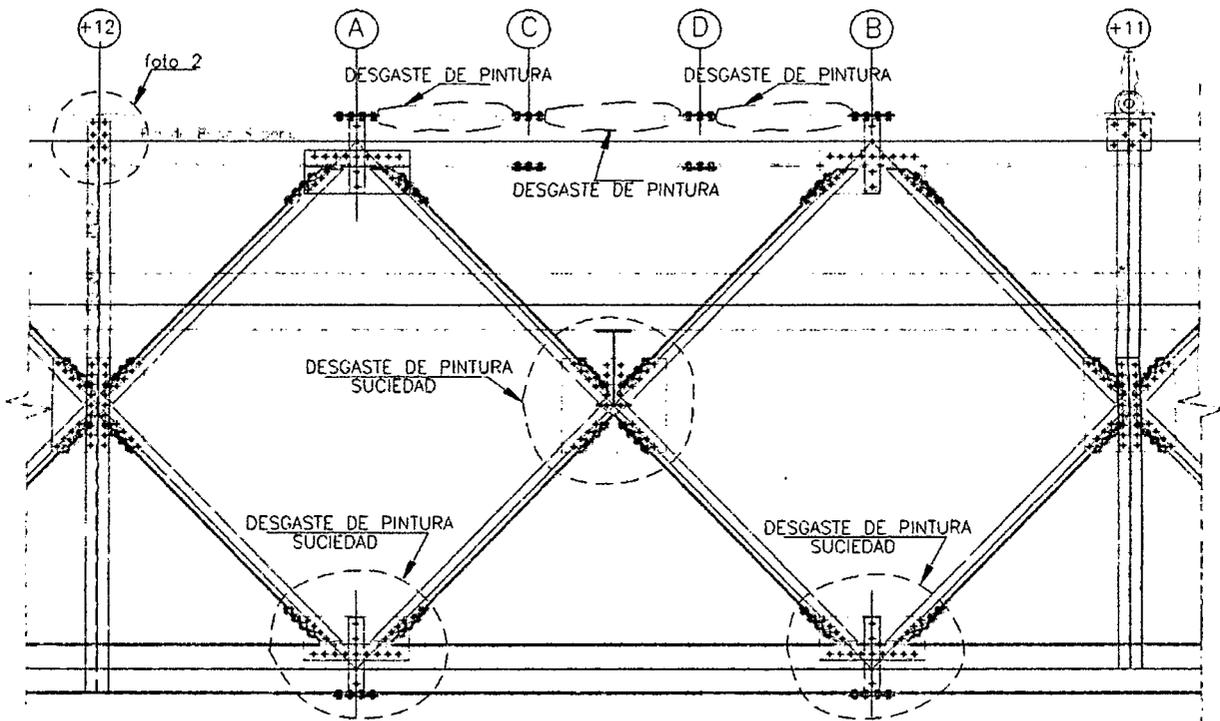


FOTO 1 : TRAMO +12+11



FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

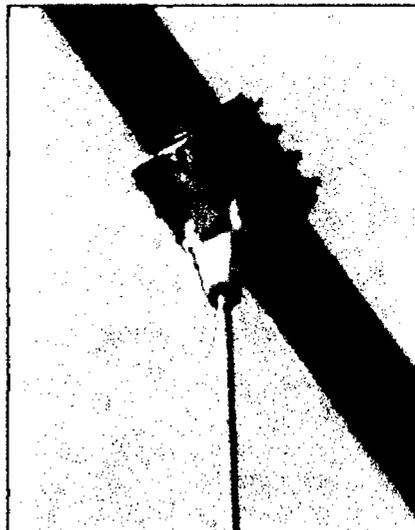


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE

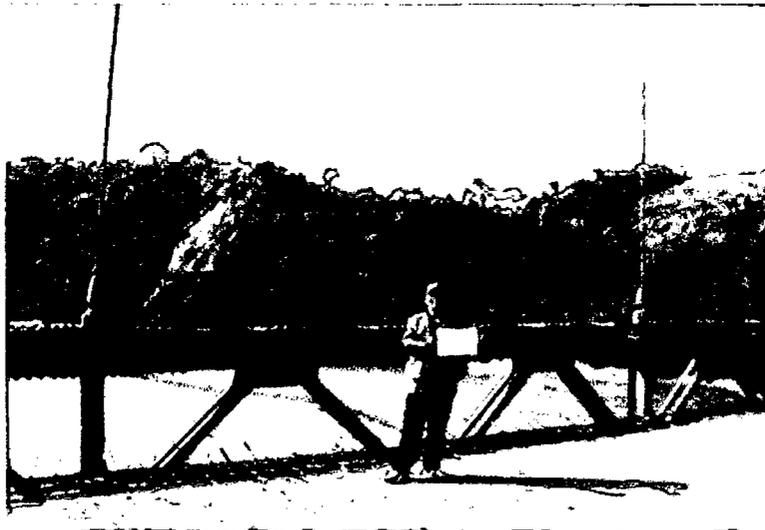
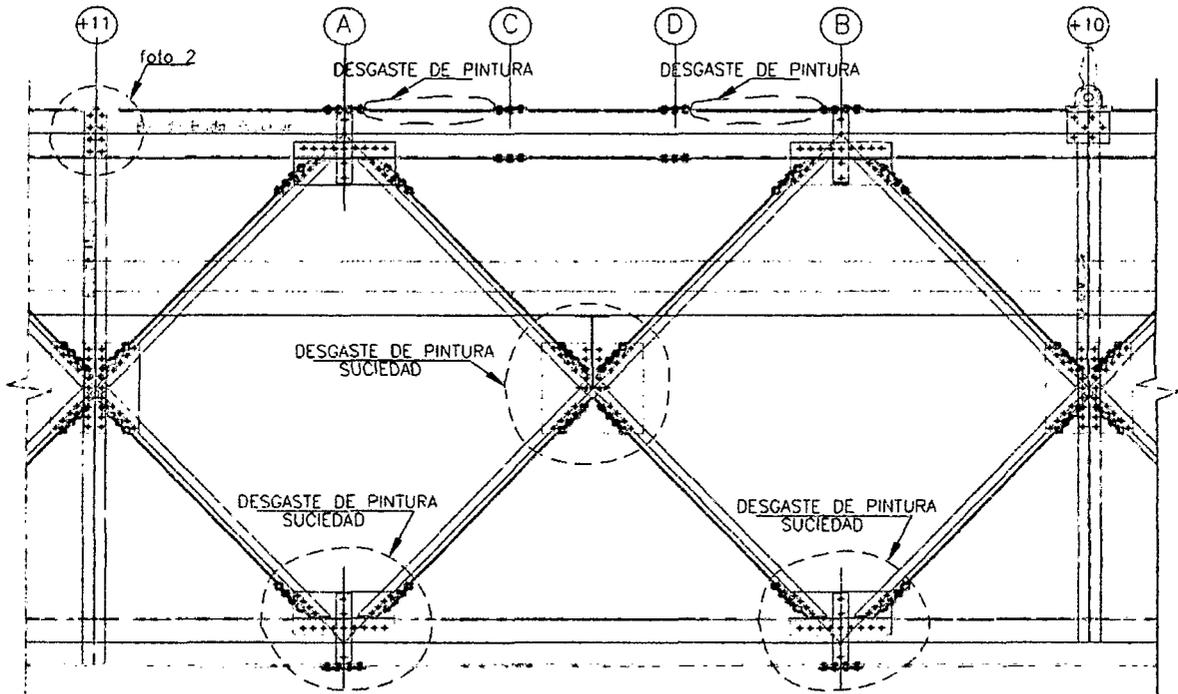


FOTO 1 : TRAMO +11+10

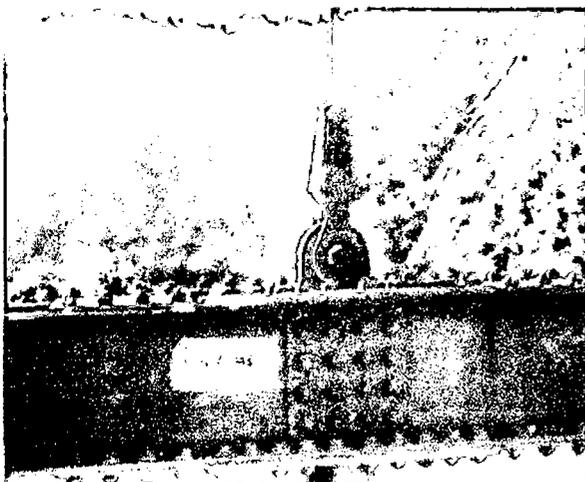


FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

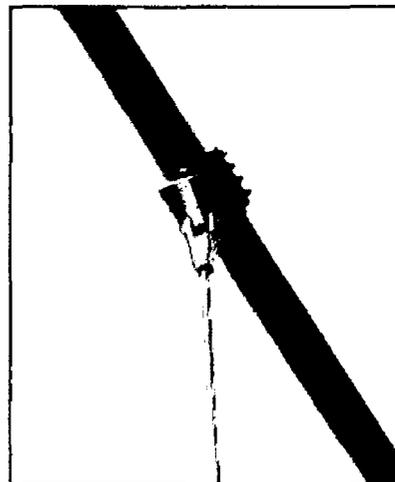


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE

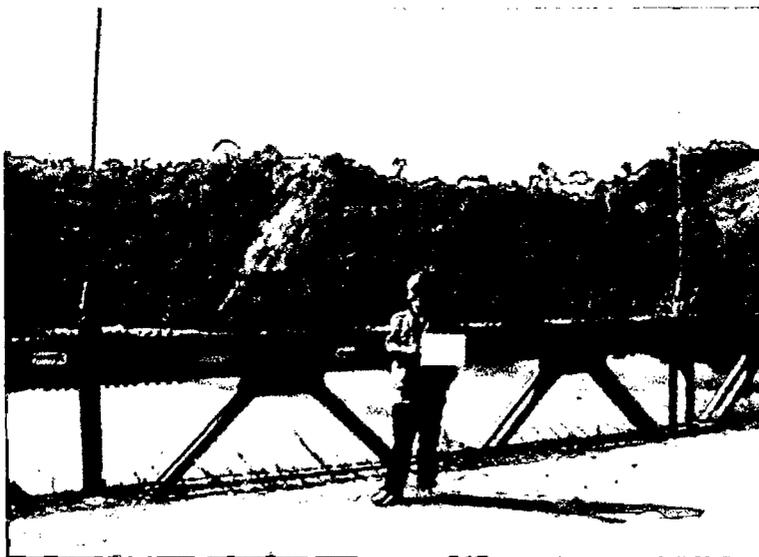
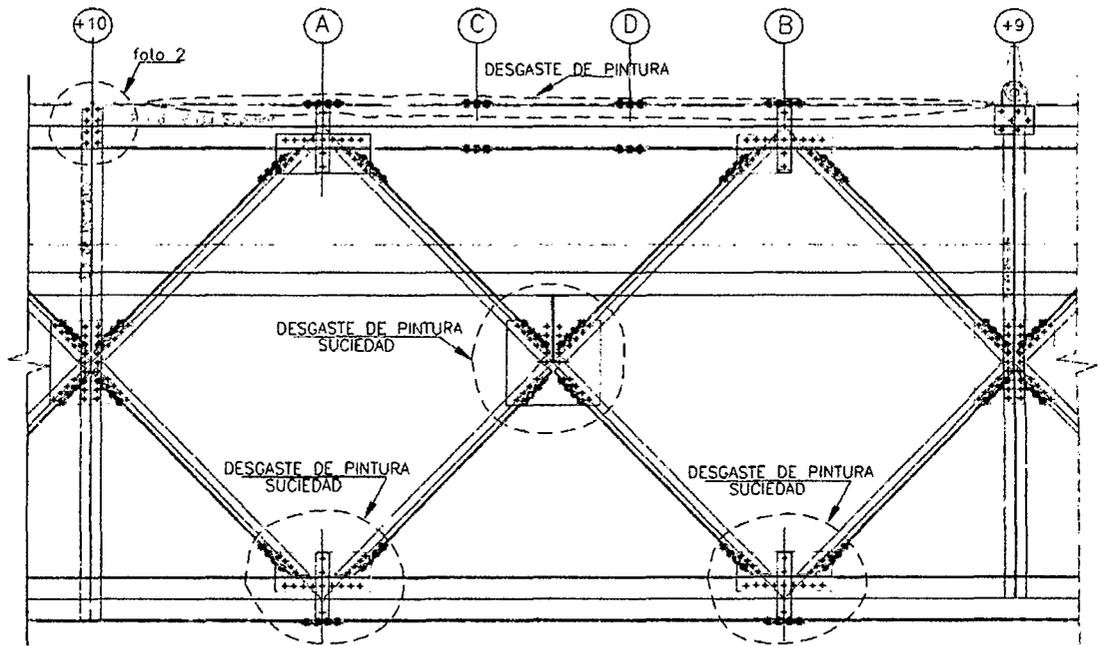


FOTO 1 : TRAMO +10+9

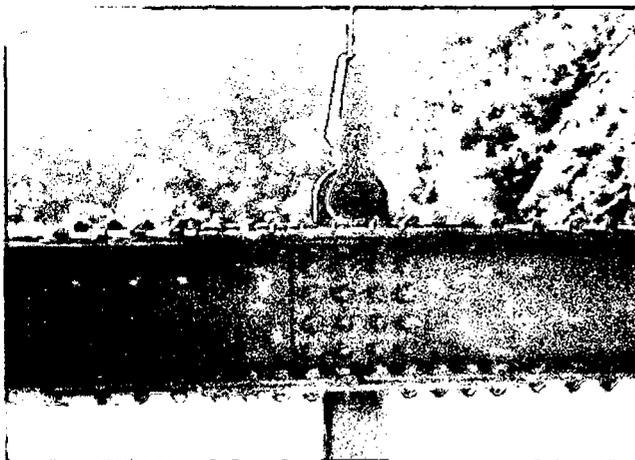


FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

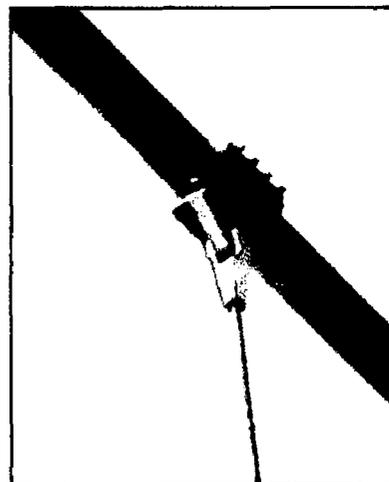


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE

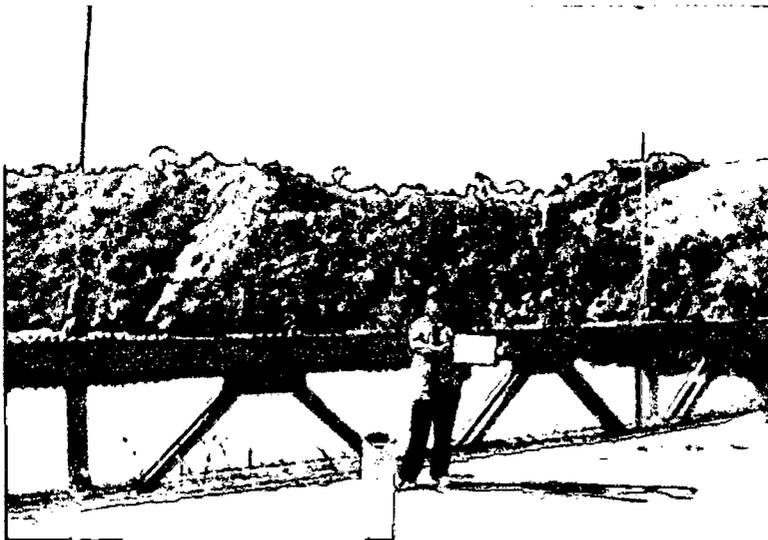
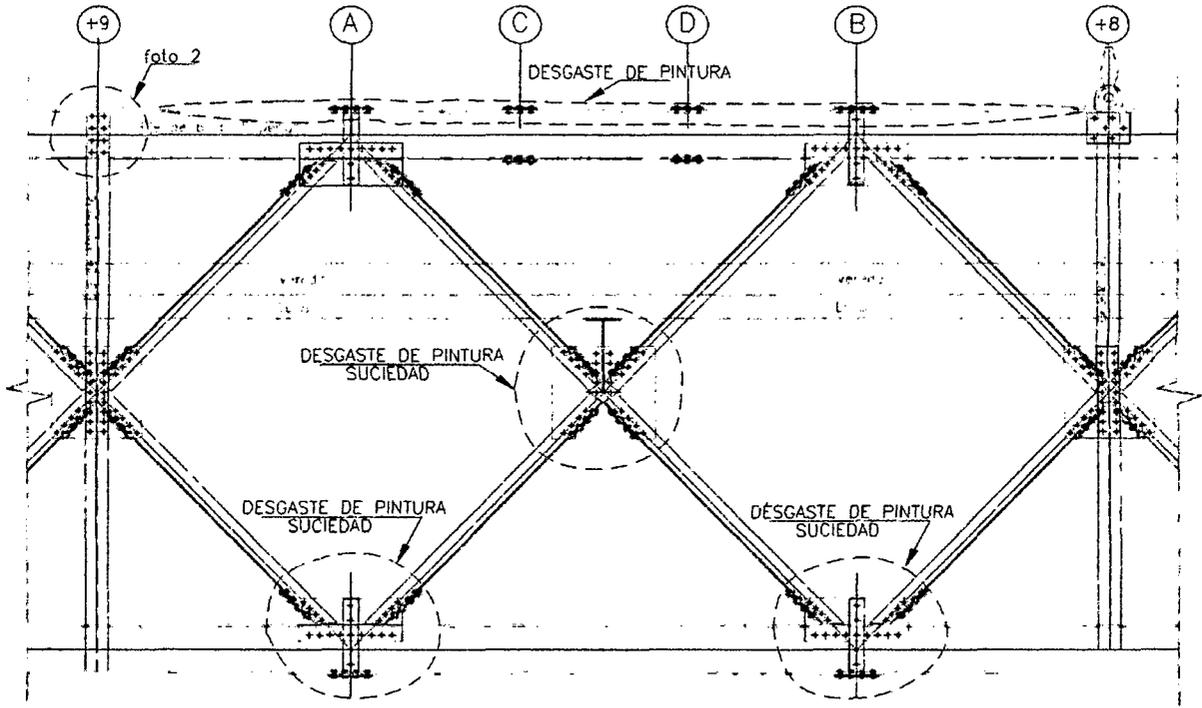


FOTO 1 : TRAMO +9+8

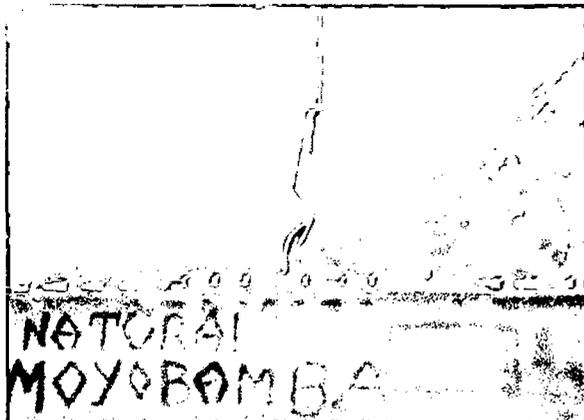


FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

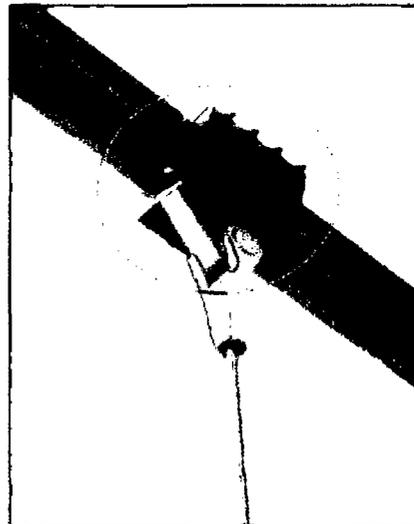


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE Y EN CABLE PRINCIPAL

TRAMO +8+7

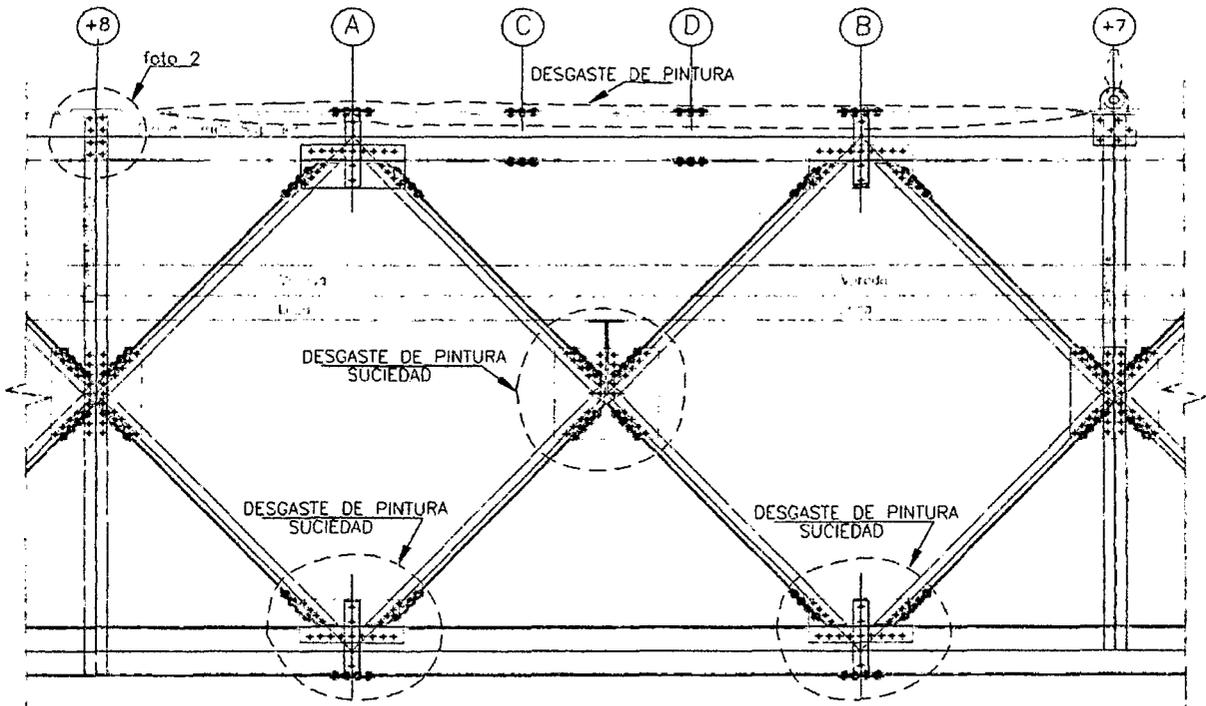


FOTO 1 : TRAMO +8+7



FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

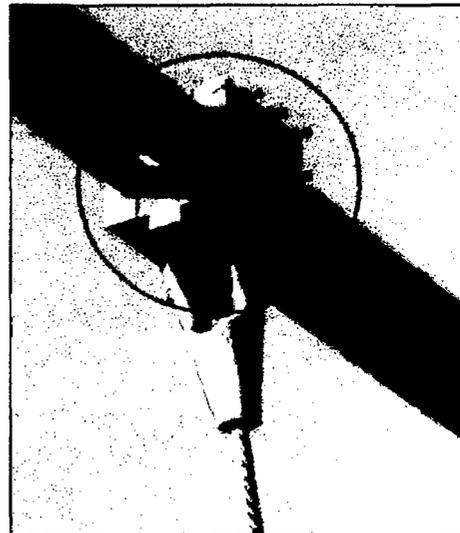


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE Y EN CABLE PRINCIPAL

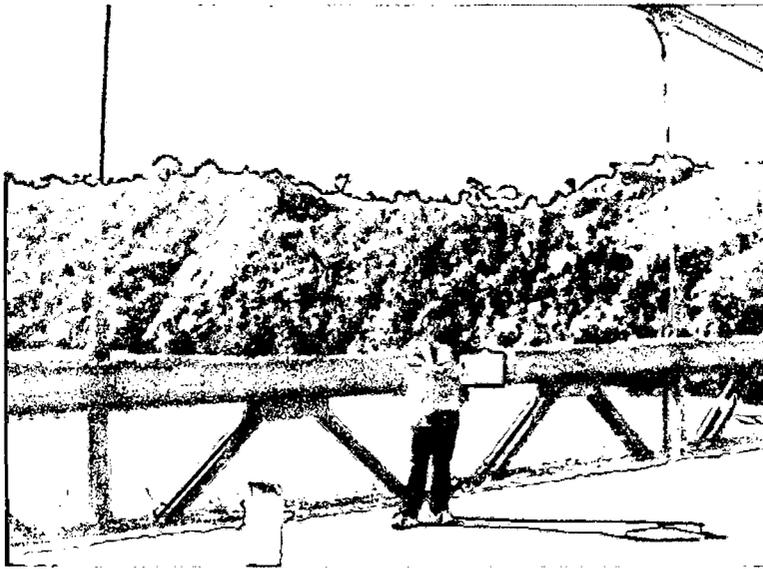
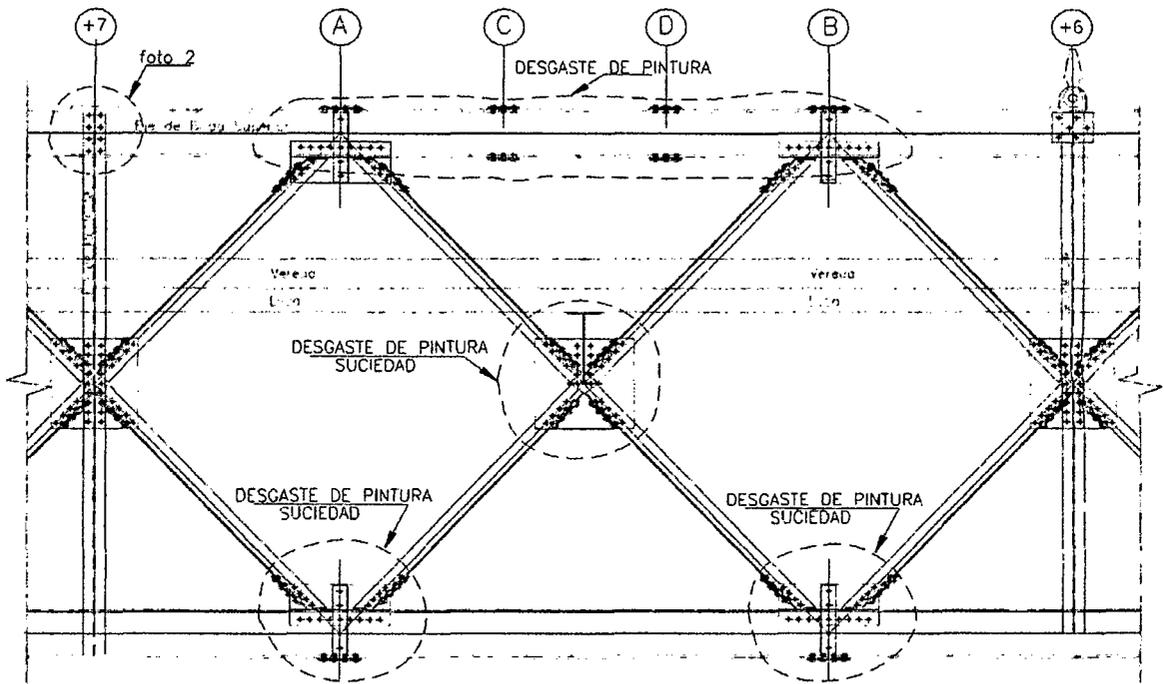


FOTO 1 : TRAMO +7+6

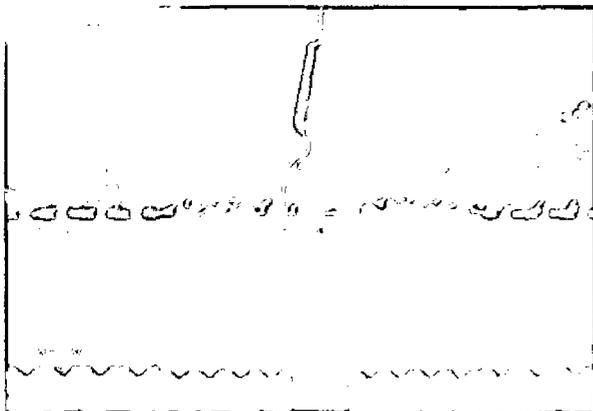


FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

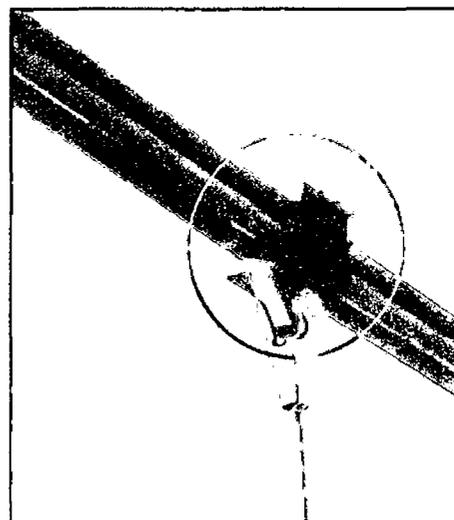


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE Y EN CABLE PRINCIPAL

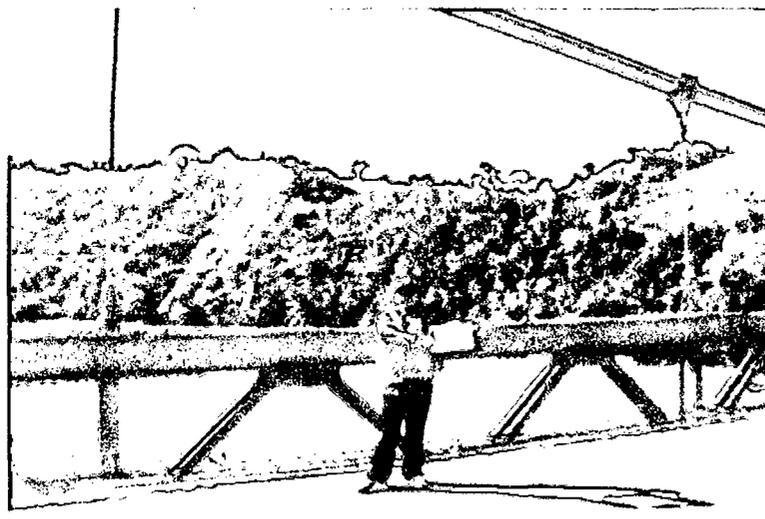
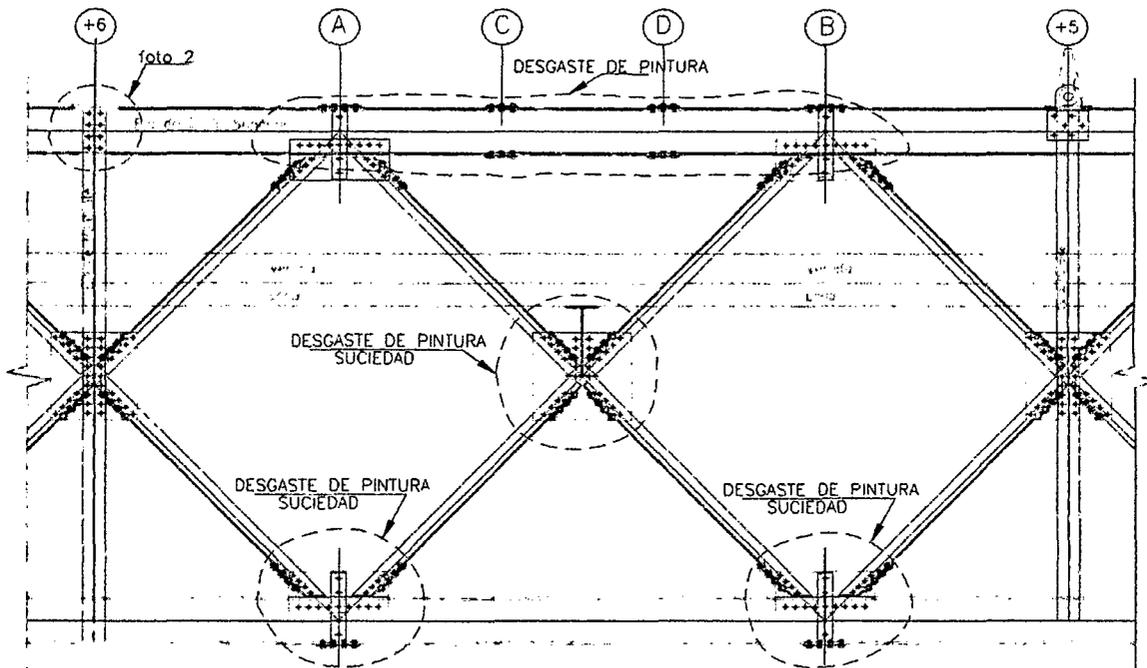


FOTO 1 : TRAMO +6+5

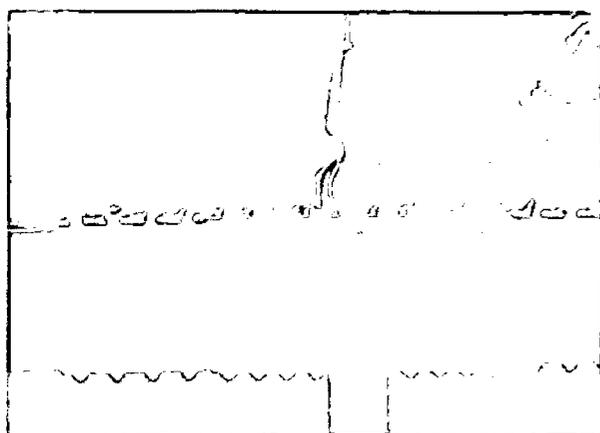


FOTO 2 : DESGASTE DE PINTURA

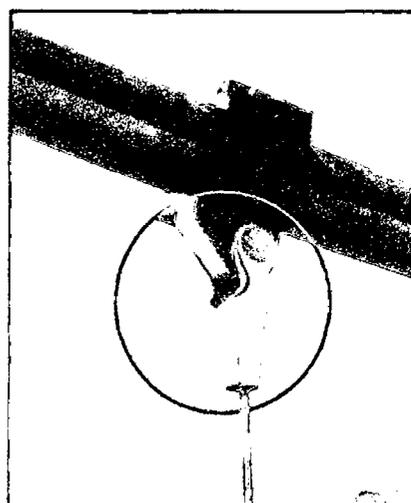


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACAS DE SOPORTE Y EN CABLE PRINCIPAL

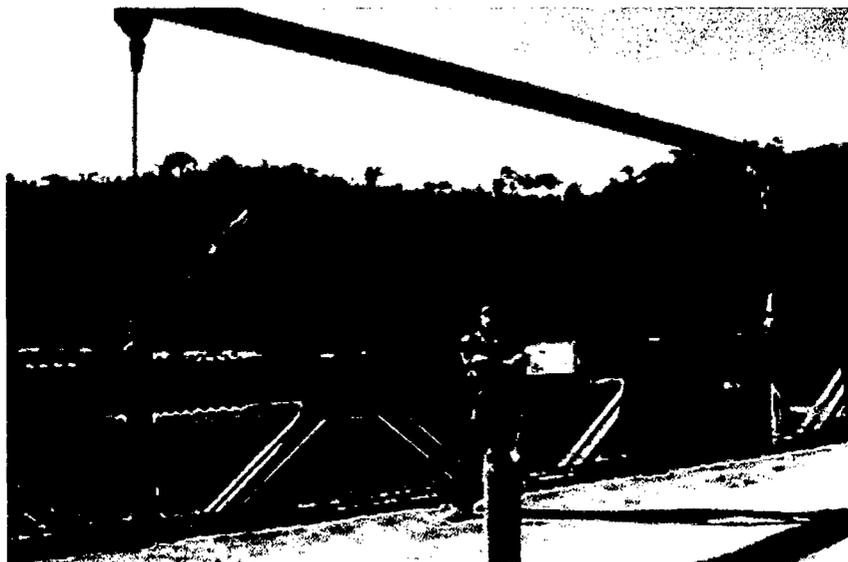
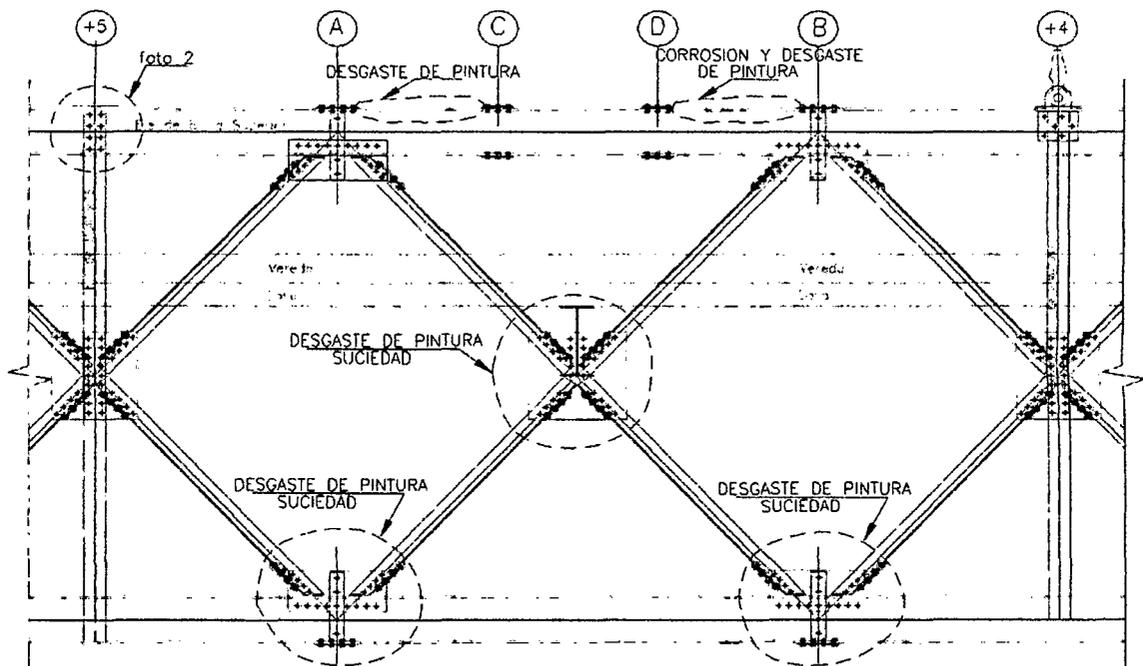


FOTO 1 : TRAMO +5+4



FOTO 3: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA ASI COMO CORROSION EN ELEMENTOS METALICOS

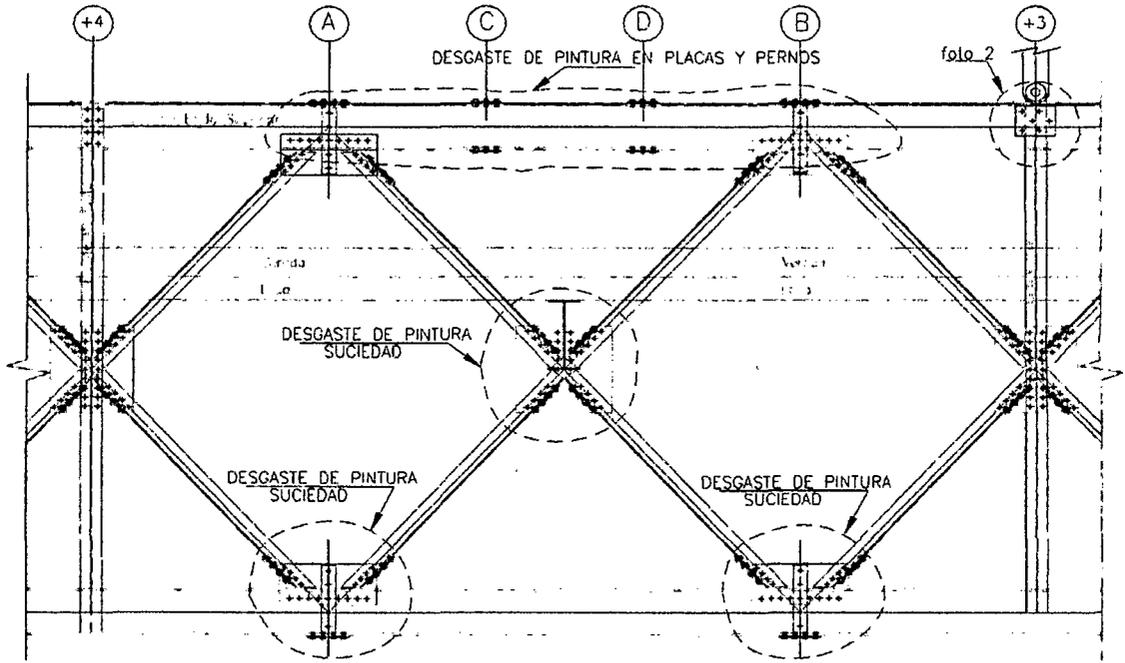


FOTO 1 : TRAMO +4+3

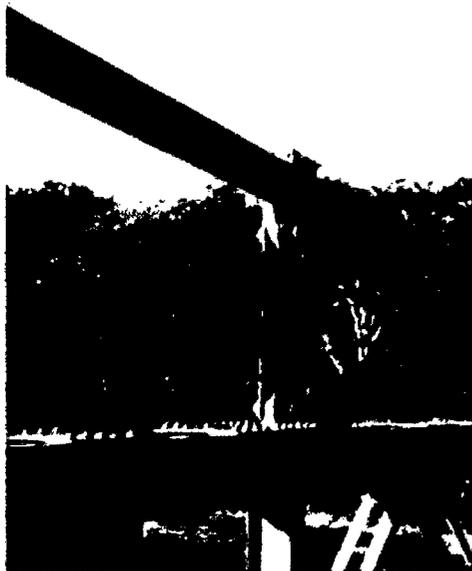


FOTO 2: PENDOLA METALICA, SE APRECIA CORROSION EN ELEMENTOS METALICOS ASI COMO EN EL CABLE PRINCIPAL

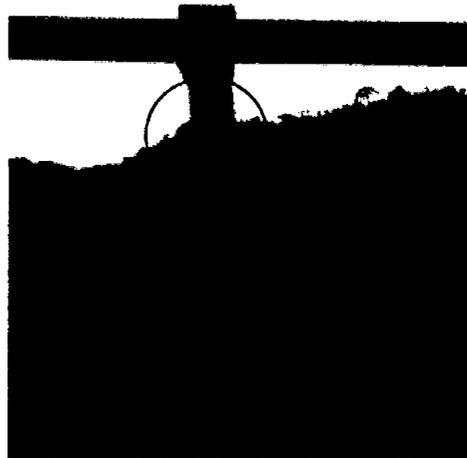


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACA DE SOPORTE SE APRECIA INCLINACION DE PENDOLA Y CORRIMIENTO DE CABLE PRINCIPAL

TRAMO +3+2

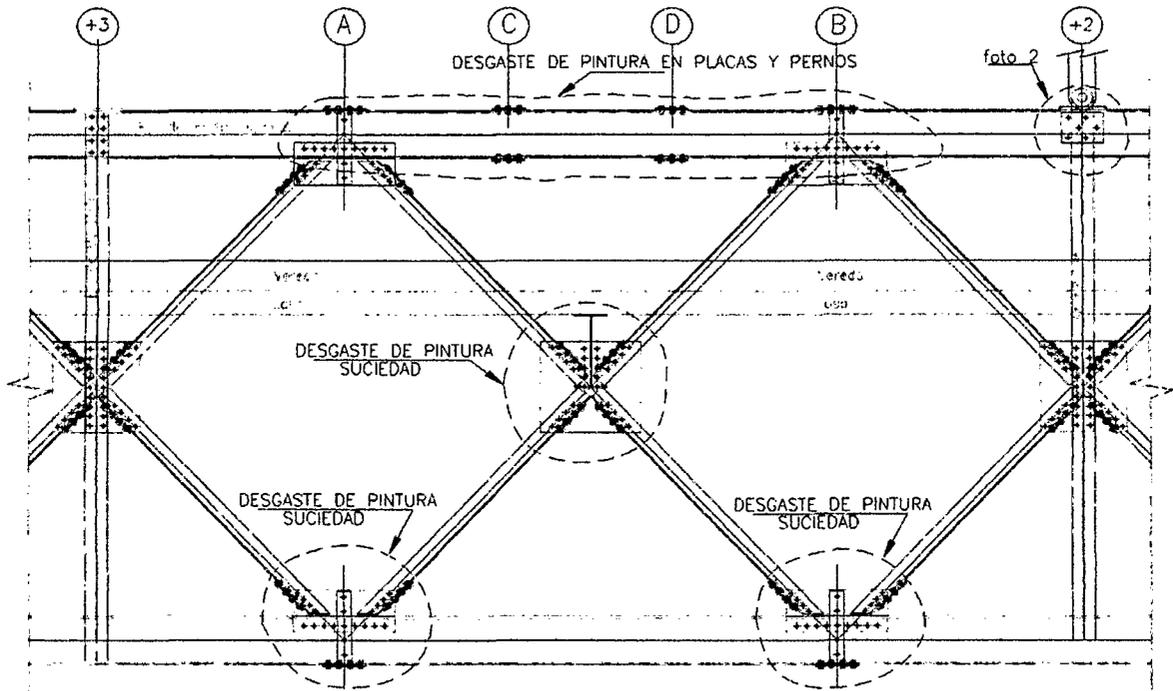


FOTO 1 : TRAMO +3+2



FOTO 2: PENDOLA METALICA, SE APRECIA CORROSION EN ELEMENTOS METALICOS ASI COMO EN EL CABLE PRINCIPAL



FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACA DE SOPORTE SE APRECIA INCLINACION DE PENDOLA Y CORRIMIENTO DE CABLE PRINCIPAL

TRAMO

+2+1

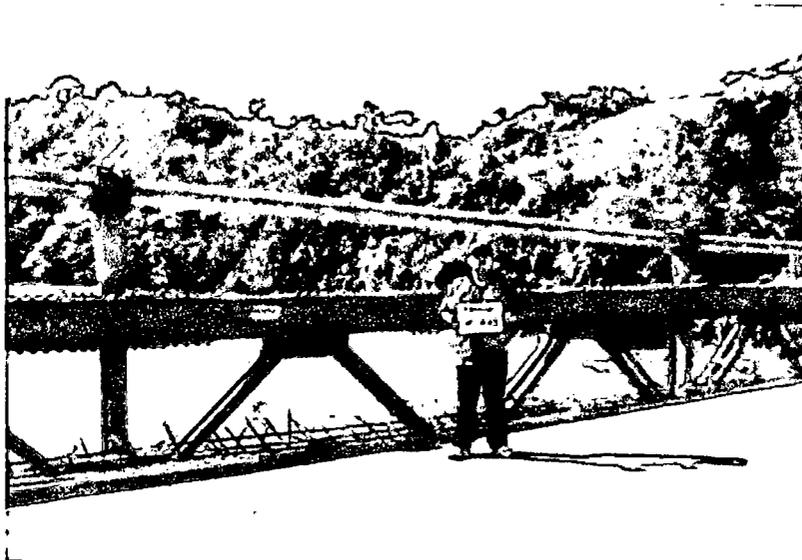
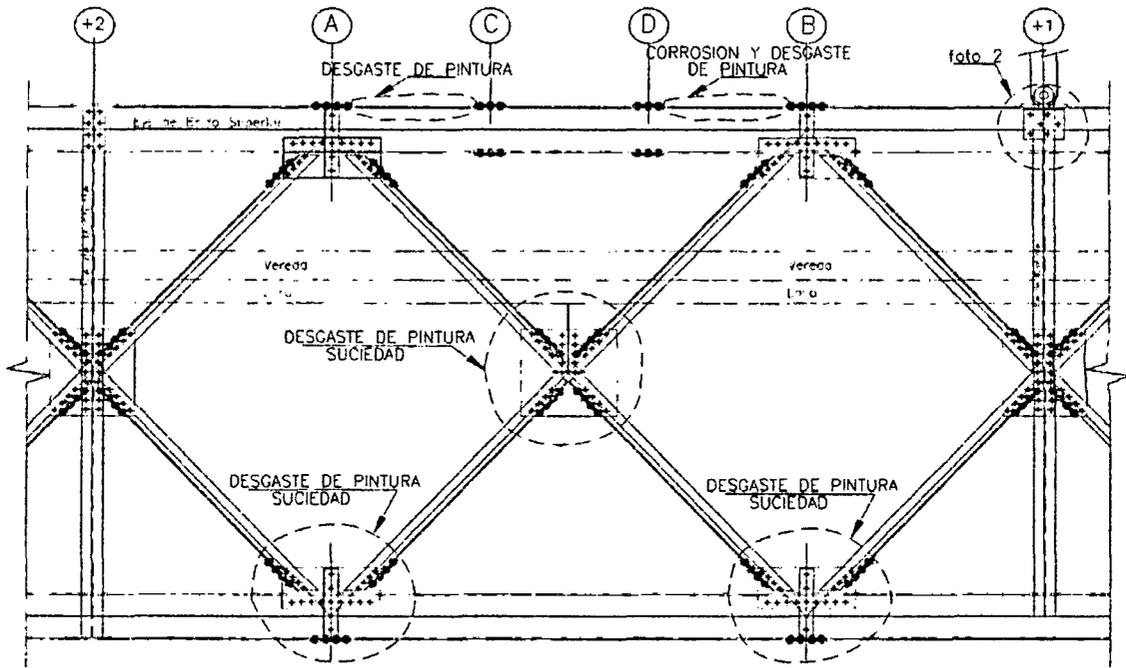


FOTO 1 : TRAMO +2+1

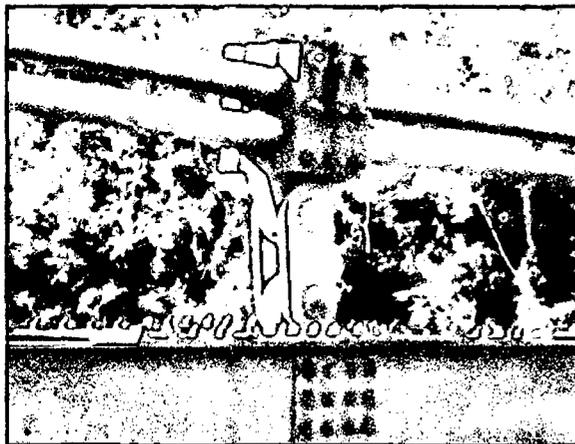


FOTO 2: PENDOLA METALICA, SE APRECIA CORROSION EN ELEMENTOS METALICOS ASI COMO EN EL CABLE PRINCIPAL

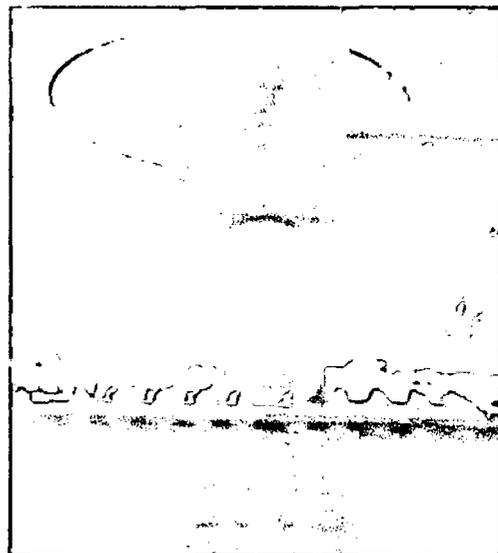


FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION EN PLACA DE SOPORTE SE APRECIA INCLINACION DE PENDOLA Y CORRIMIENTO DE CABLE PRINCIPAL

TRAMO +1+0

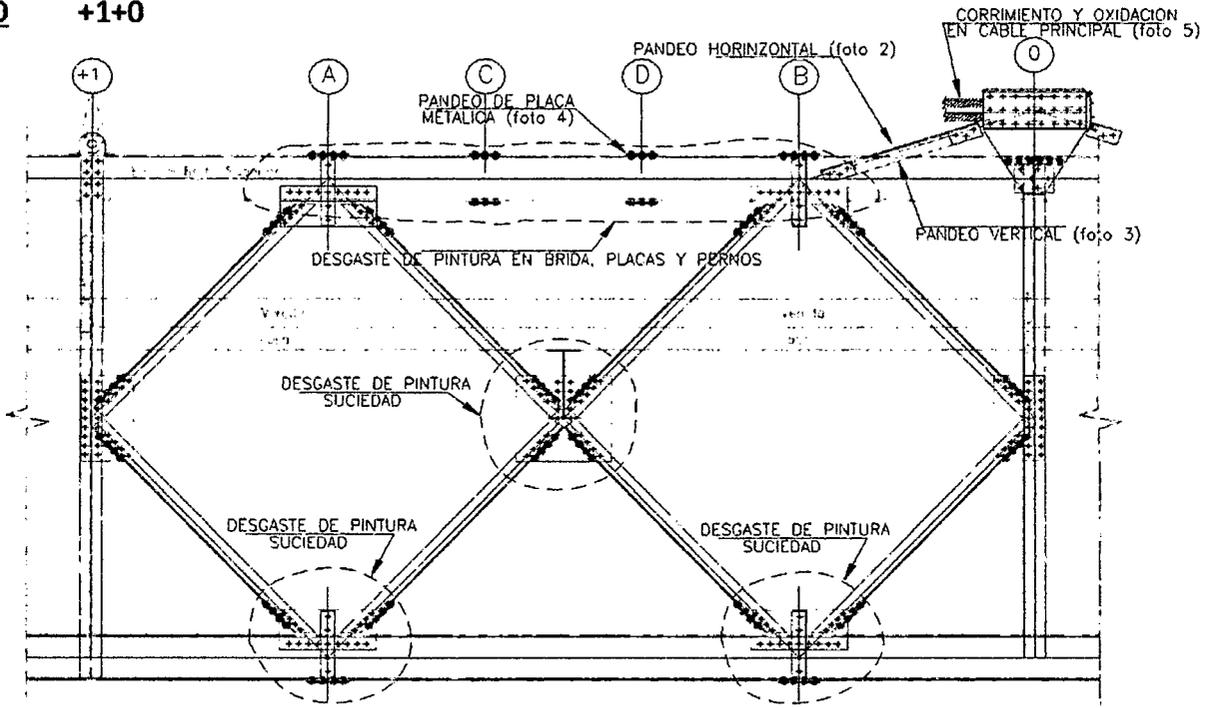


FOTO 1 : TRAMO +2+1



FOTO 2 : SE APRECIA EL PANDEO LATERAL HORIZONTAL DEL ARRIOSTRE DIAGONAL.



FOTO 3 : SE APRECIA PANDEO VERTICAL HACIA ARRIBA DEL ARRIOSTRE DIAGONAL

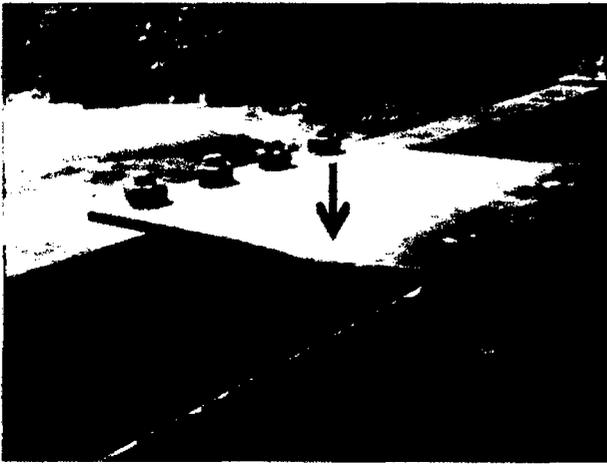


FOTO 4: SE APRECIA PANDEO DEL ARRIOSTRE DE LA BRIDA SUPERIOR, ASI COMO CORROSION DEL MISMO

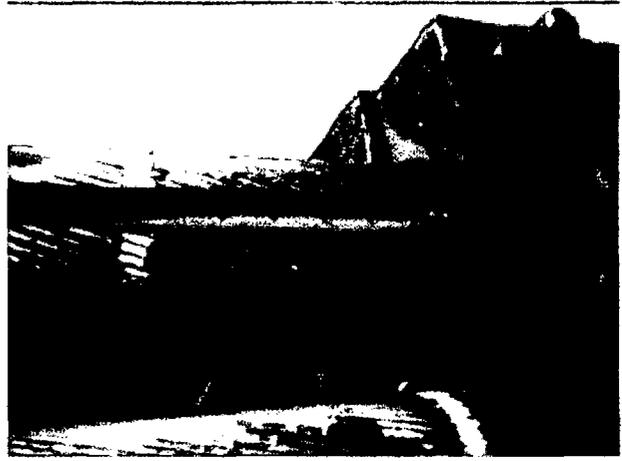


FOTO 5 : SE APRECIA CORRIMIENTO DEL CABLE LONGITUDINAL DEBIDO A LA FUERZA RECUPERADORA LUEGO DE SU RUTURA, ASI MISMO SE APRECIA CORROSION DEL CABLE Y SOPORTE METALICO.

TRAMO 0-1

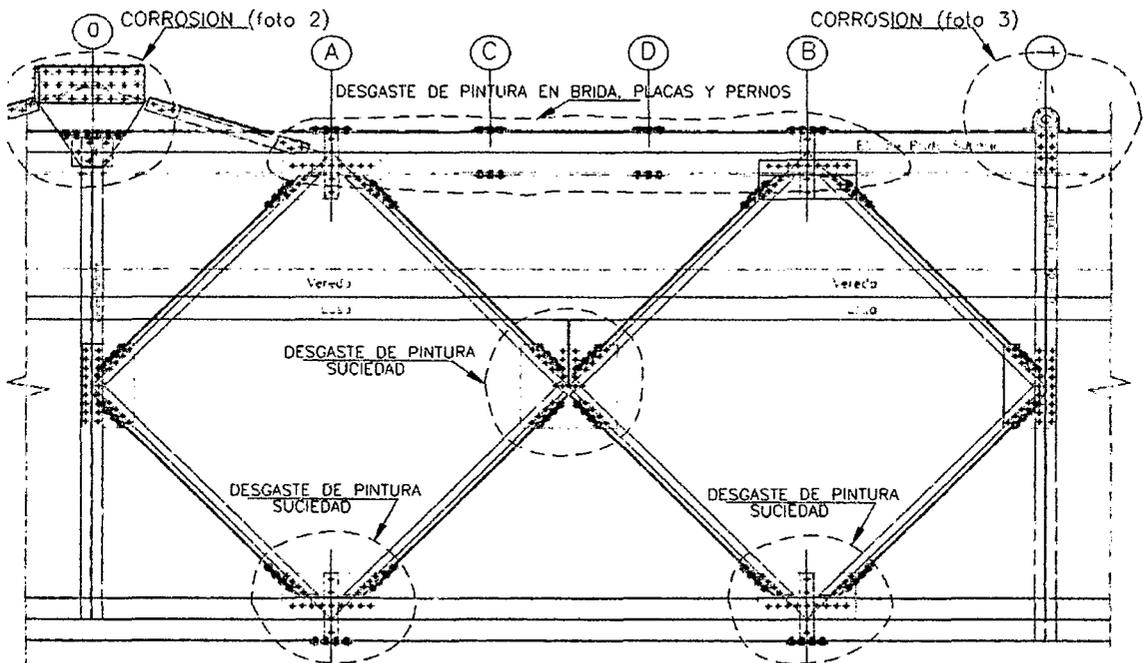


FOTO 1 : TRAMO 0-1

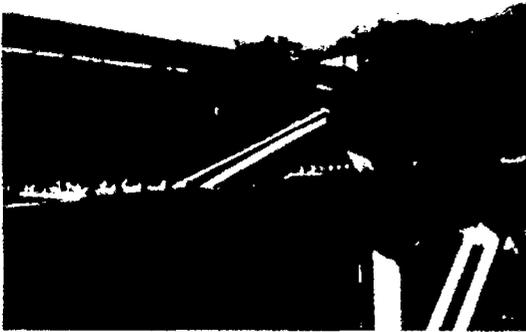


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA



FOTO 3 : SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

TRAMO

-1-2

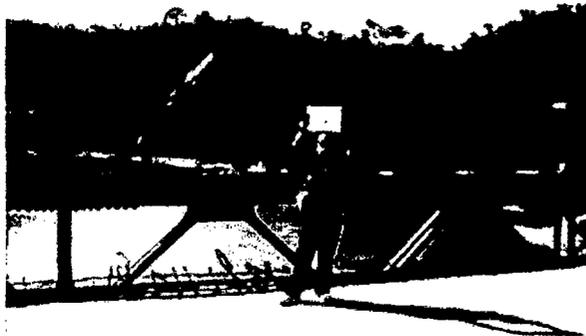
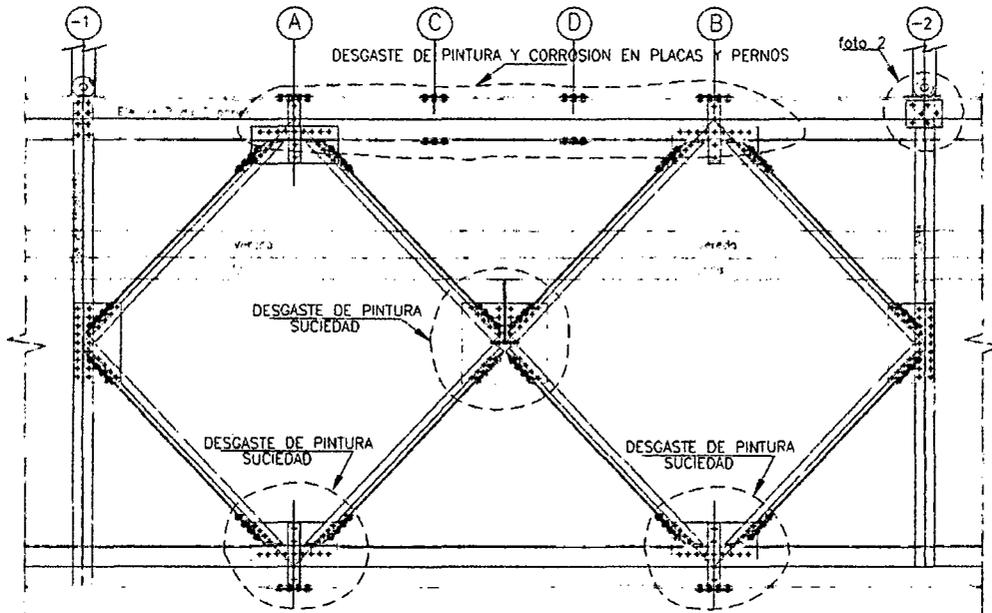


FOTO 1 : TRAMO -1-2



FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

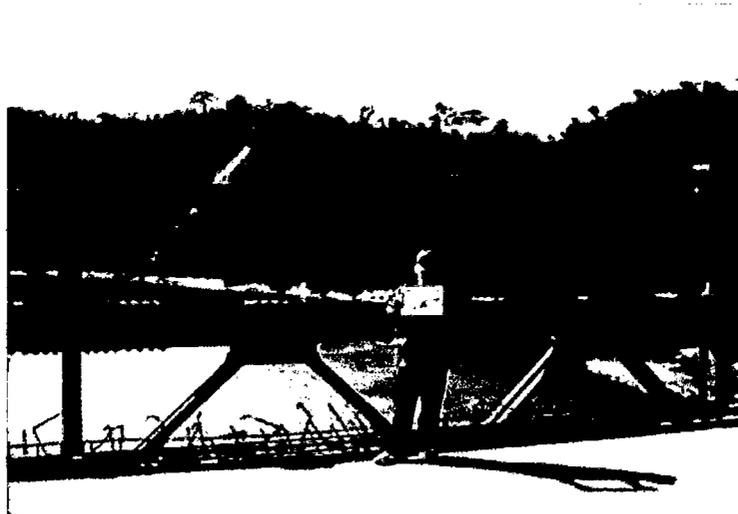
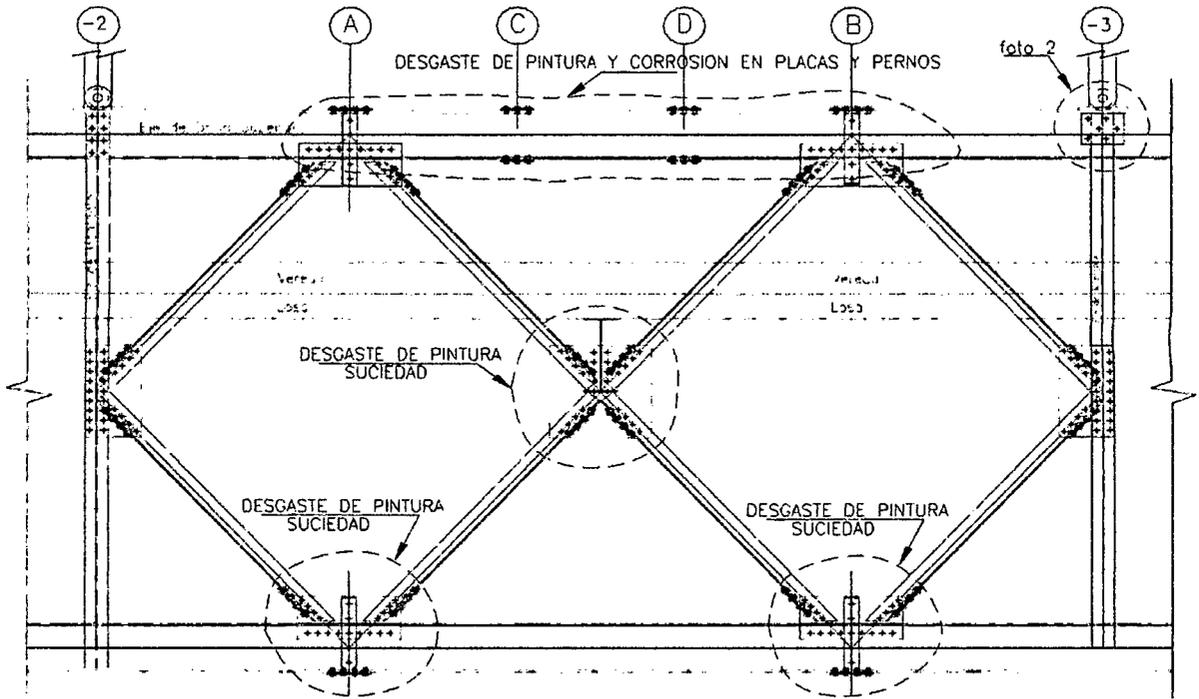


FOTO 1 : TRAMO -2-3



FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA EN PLACA DE SOPORTE, CORROSION EN CABLE PRINCIPAL

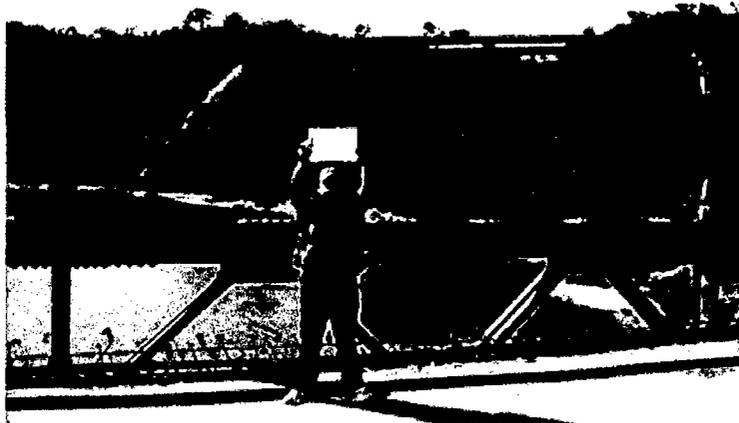
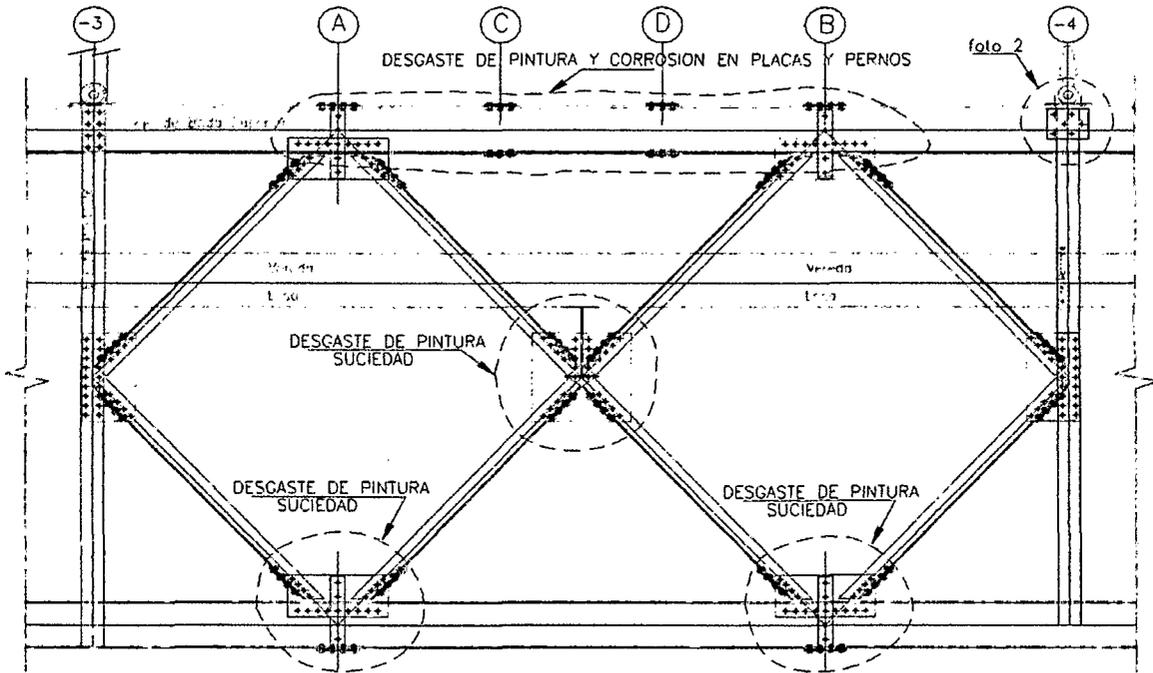


FOTO 1 : TRAMO -3-4



FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA EN PLACA DE SOPORTE, CORROSION EN CABLE PRINCIPAL

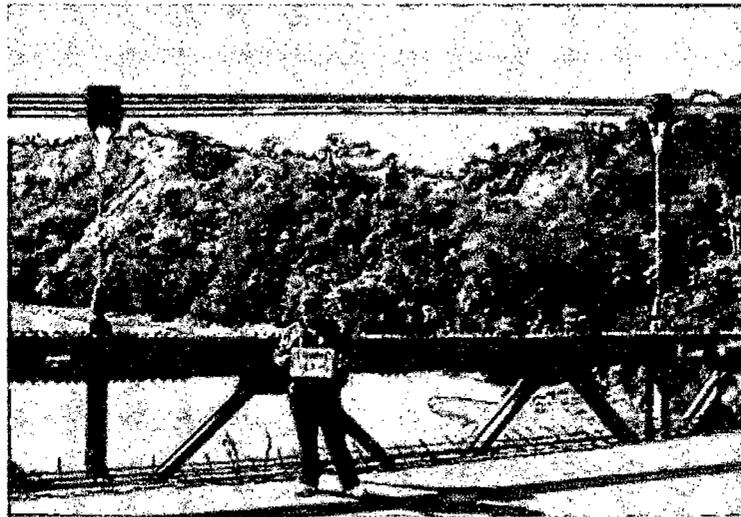
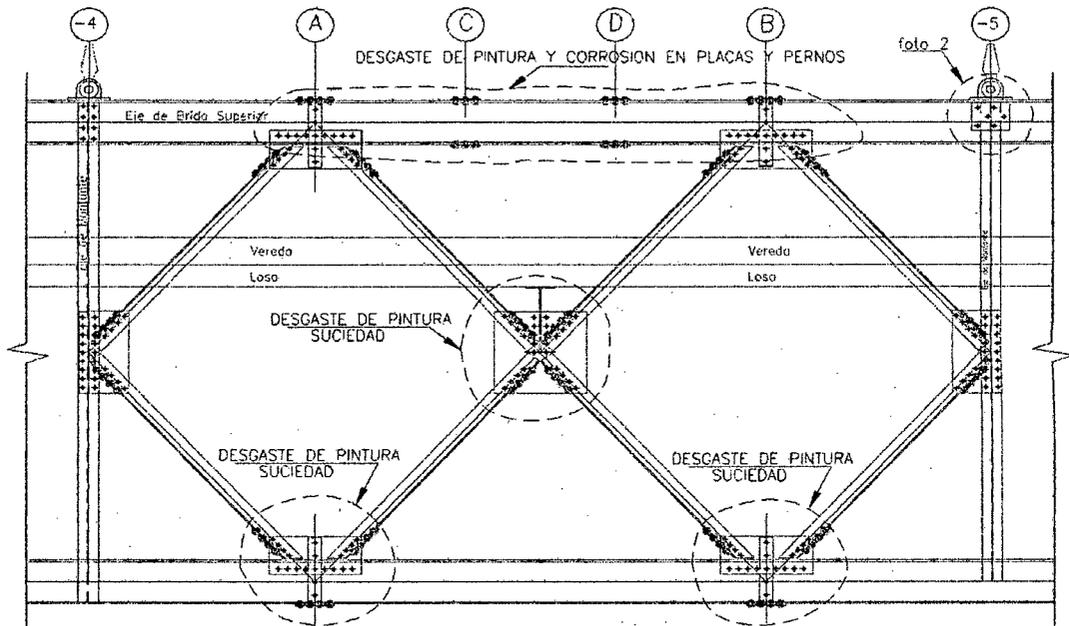


FOTO 1 : TRAMO -4-5

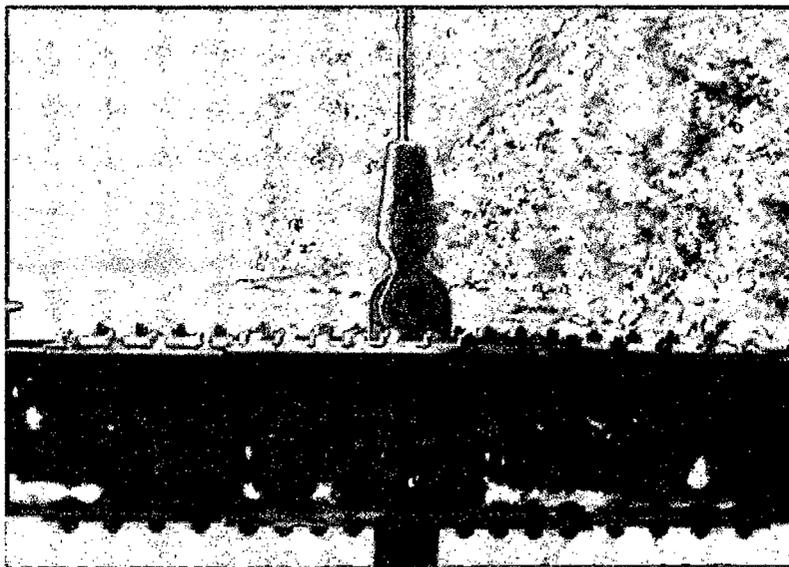


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA GENERALIZADO

TRAMO -5-6

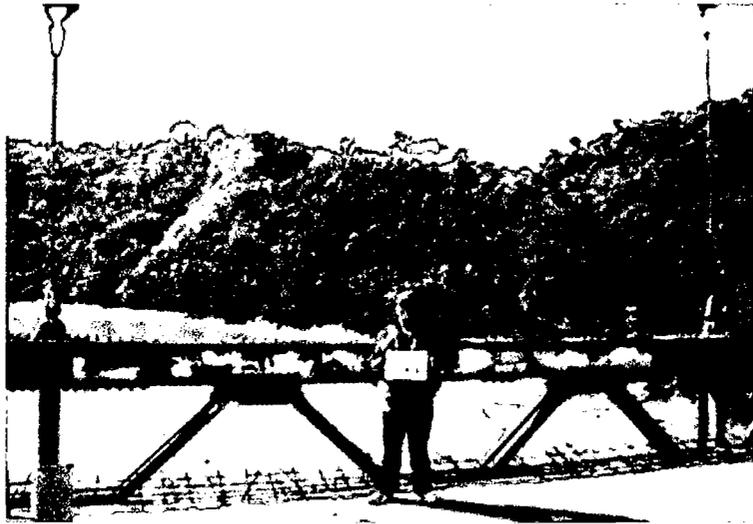
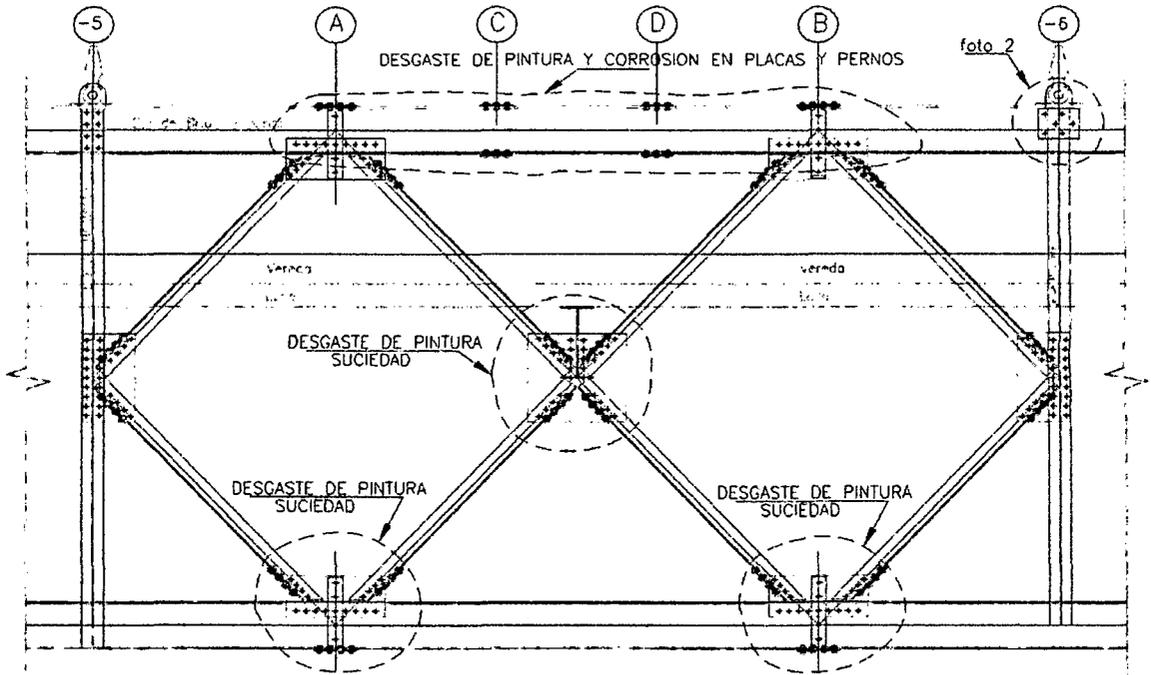


FOTO 1: TRAMO -5-6

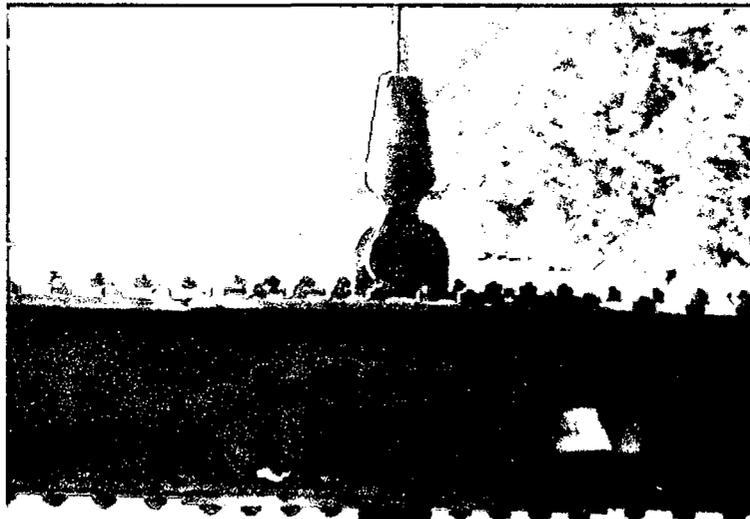


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA GENERALIZADO

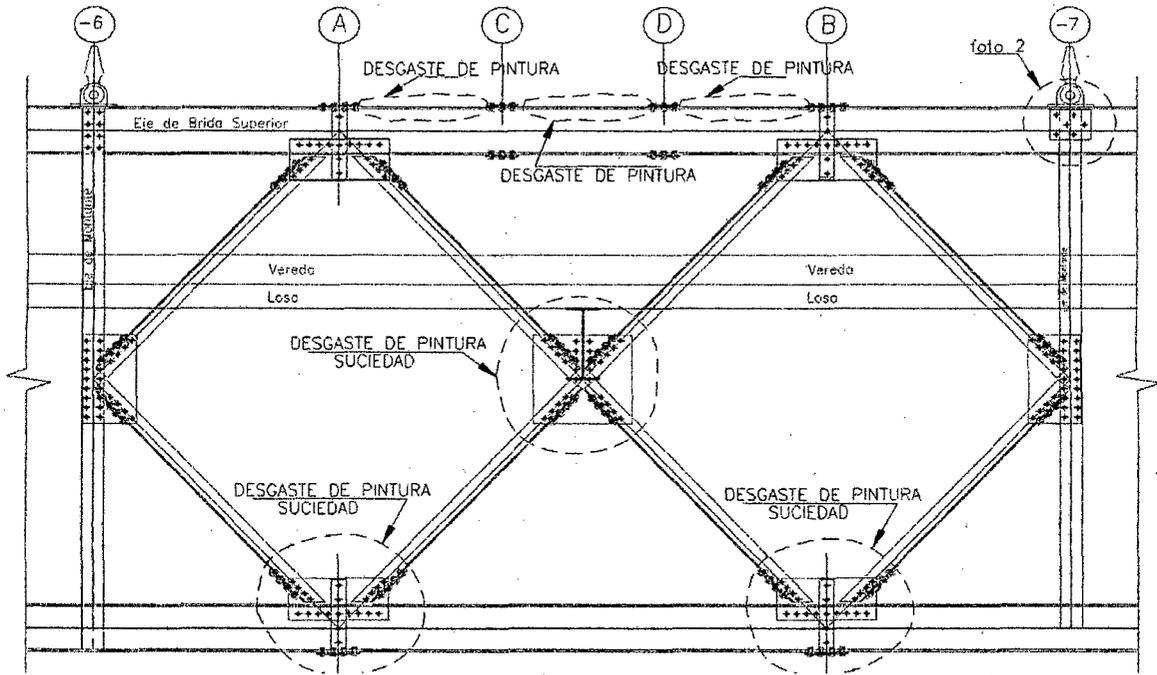


FOTO 1 : TRAMO -6-7

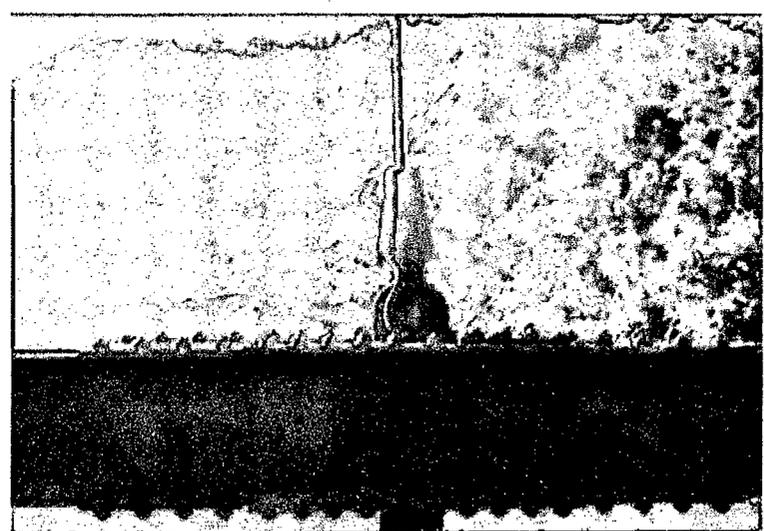


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA GENERALIZADO

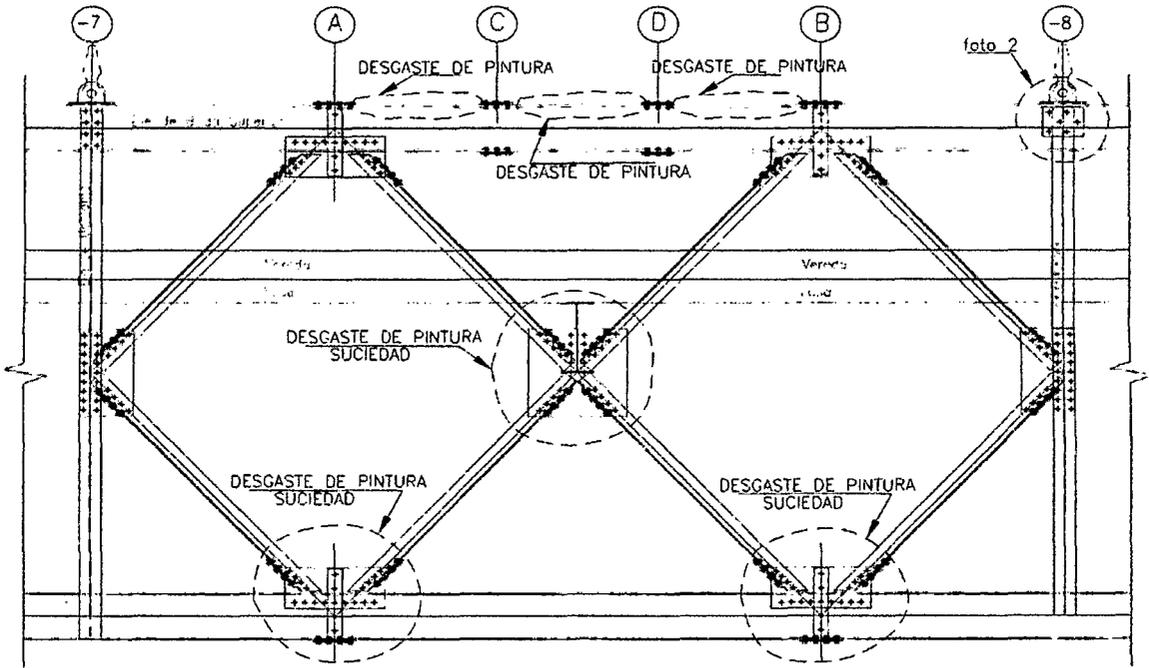


FOTO 1 : TRAMO -7-8

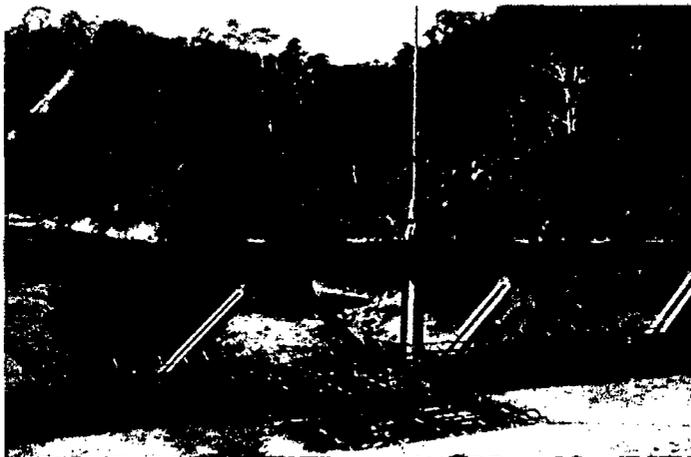


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA GENERALIZADO

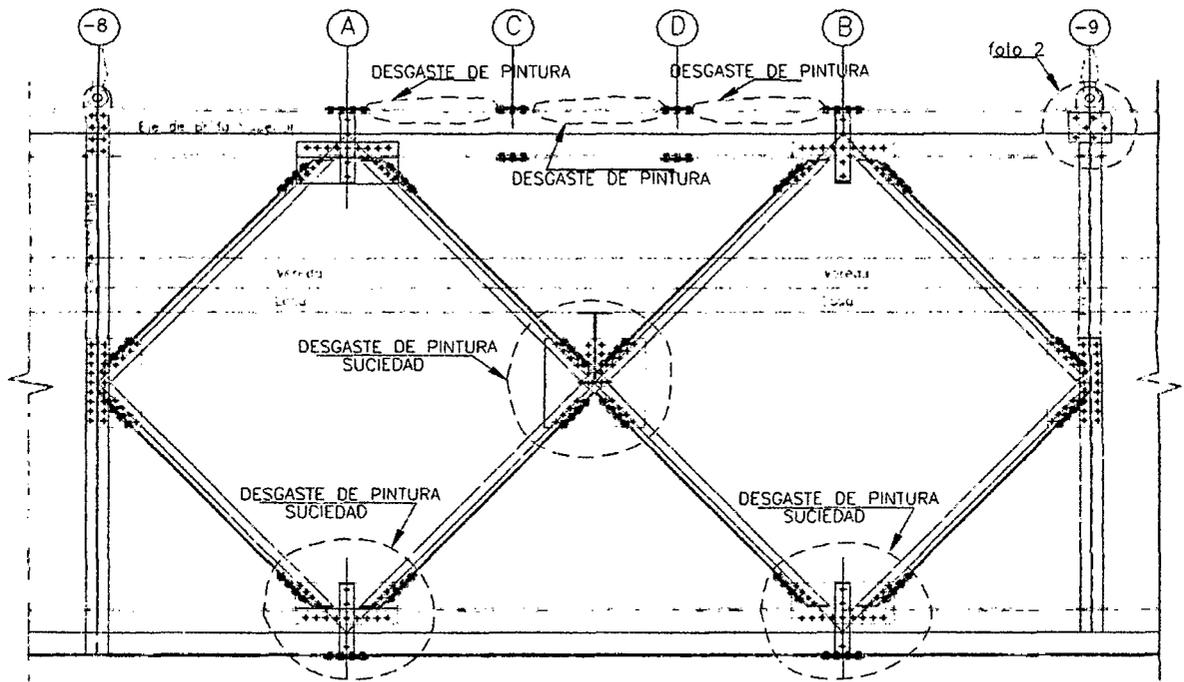


FOTO 1 : TRAMO -8-9



FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

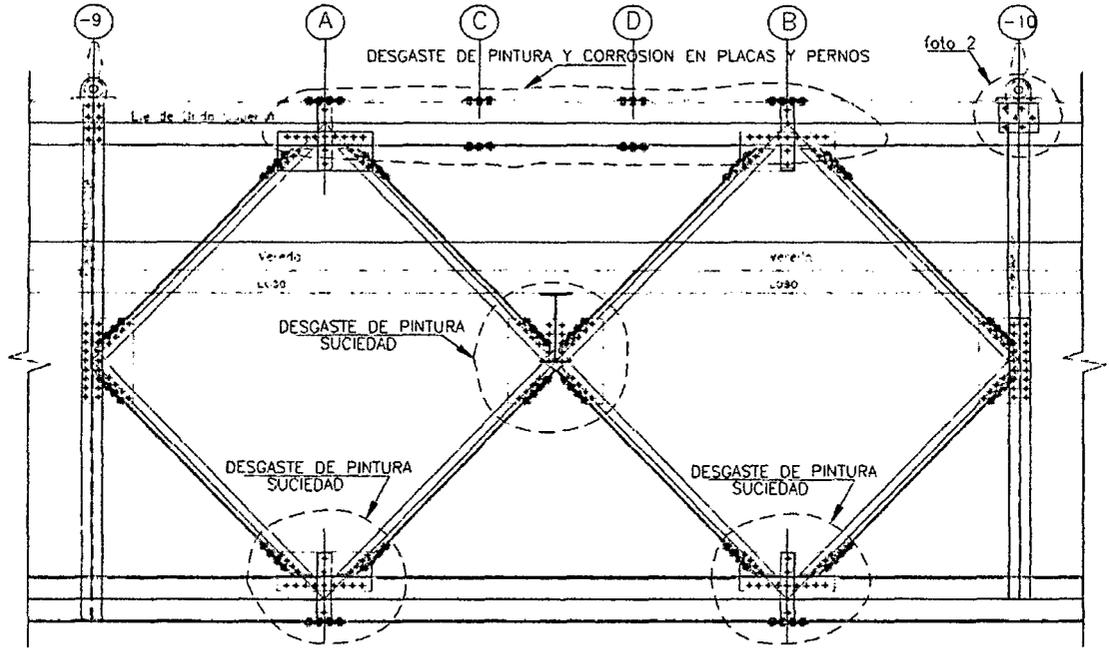


FOTO 1 : TRAMO -9-10

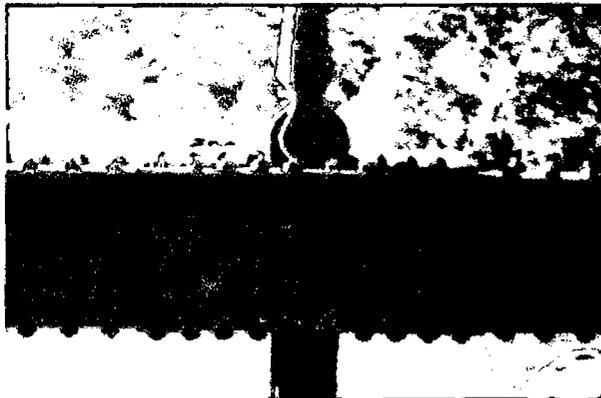


FOTO 2: SE APRECIA DESGASTE DE PINTURA

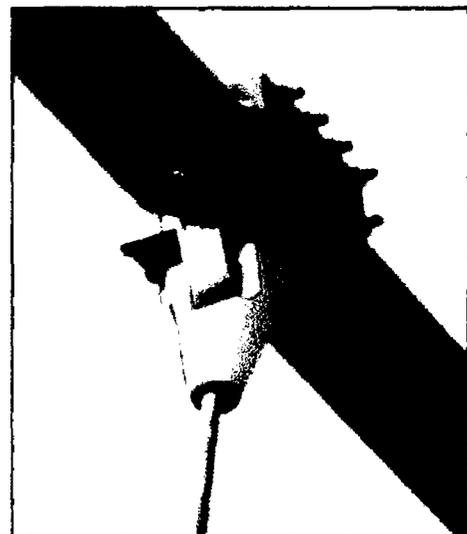


FOTO 3: SE APRECIA CORROSION EN CABLE Y EN PLACA DE SOPORTE DE PENDOLA

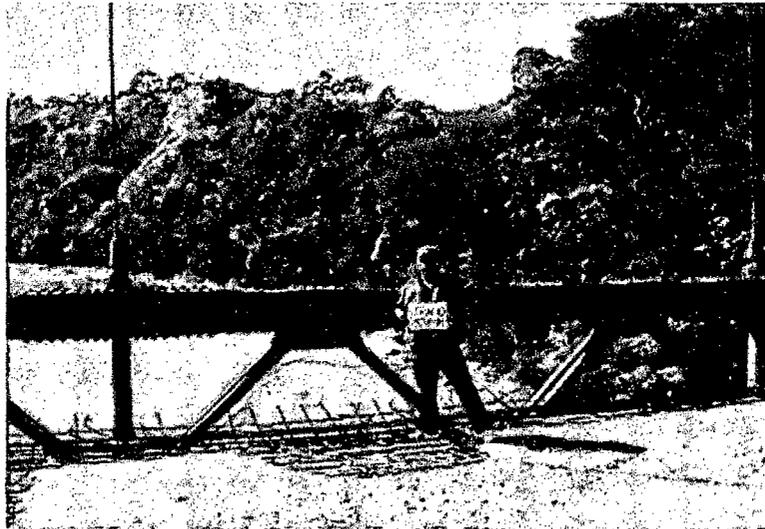
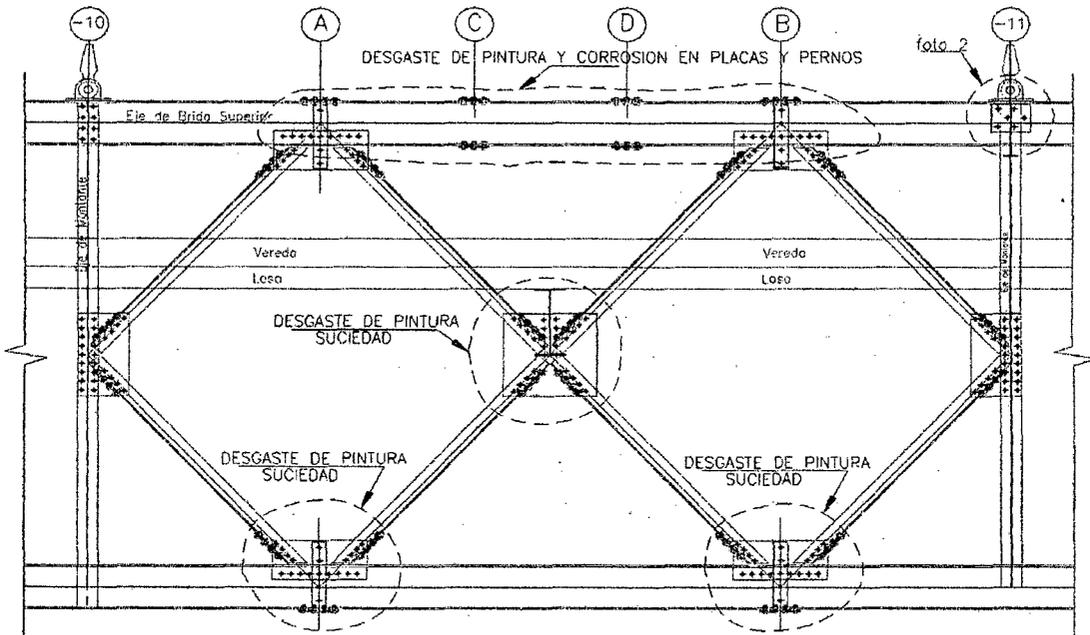


FOTO 1 : TRAMO -10-11

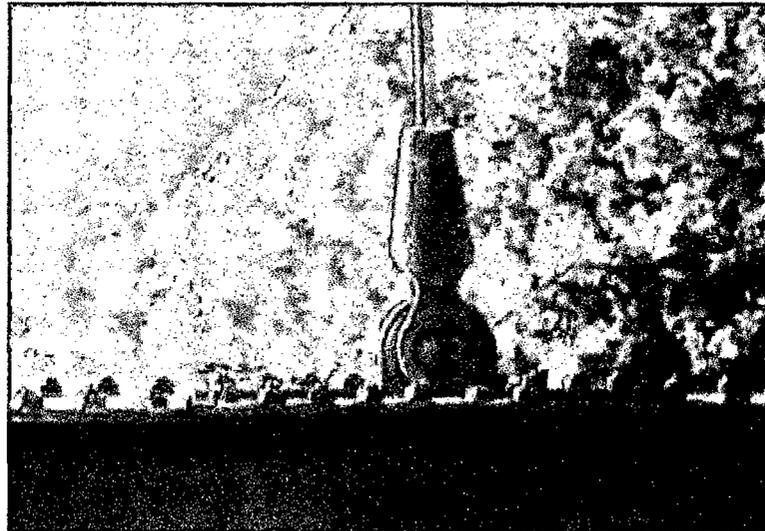


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

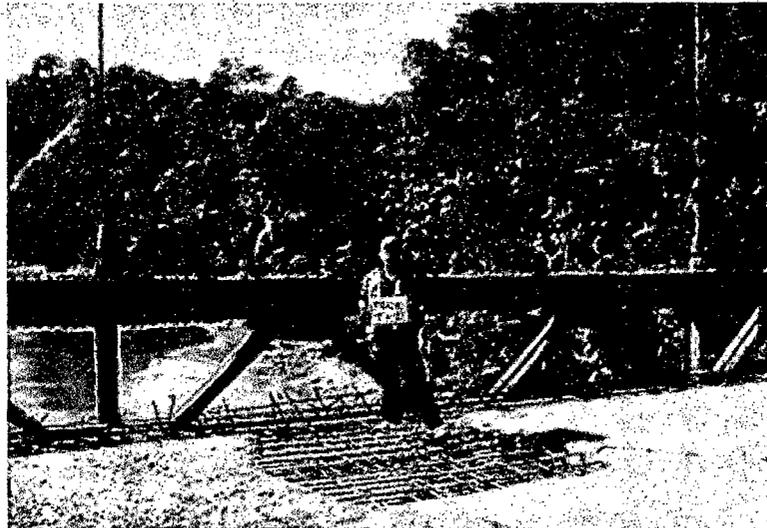
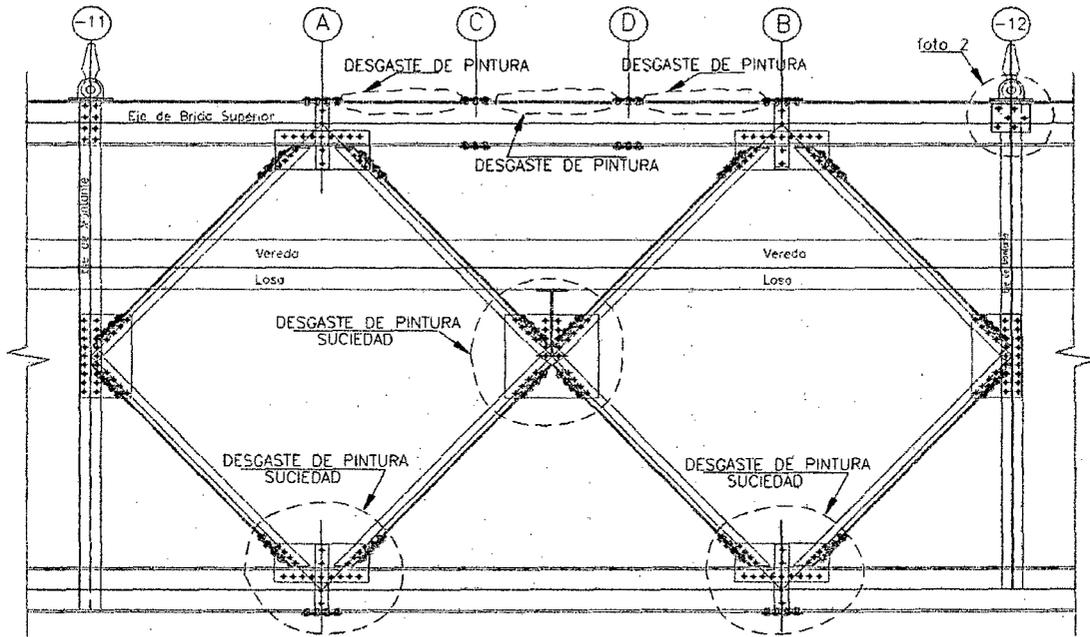


FOTO 1 : TRAMO -11-12

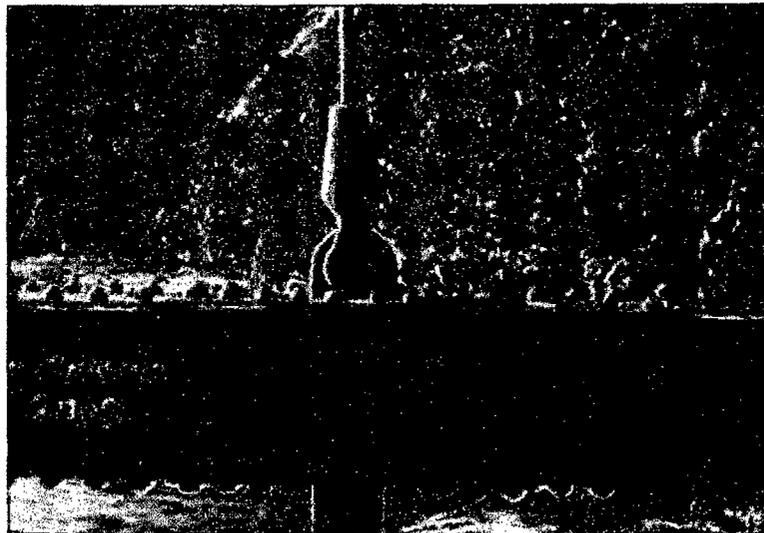


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

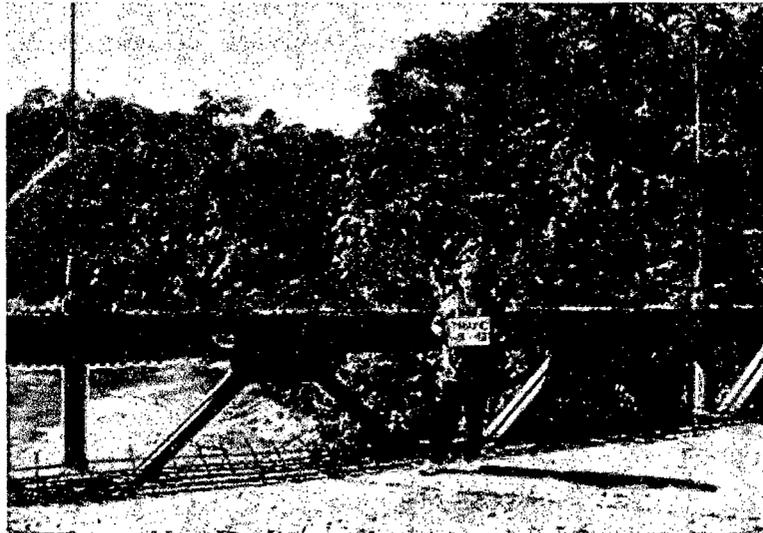
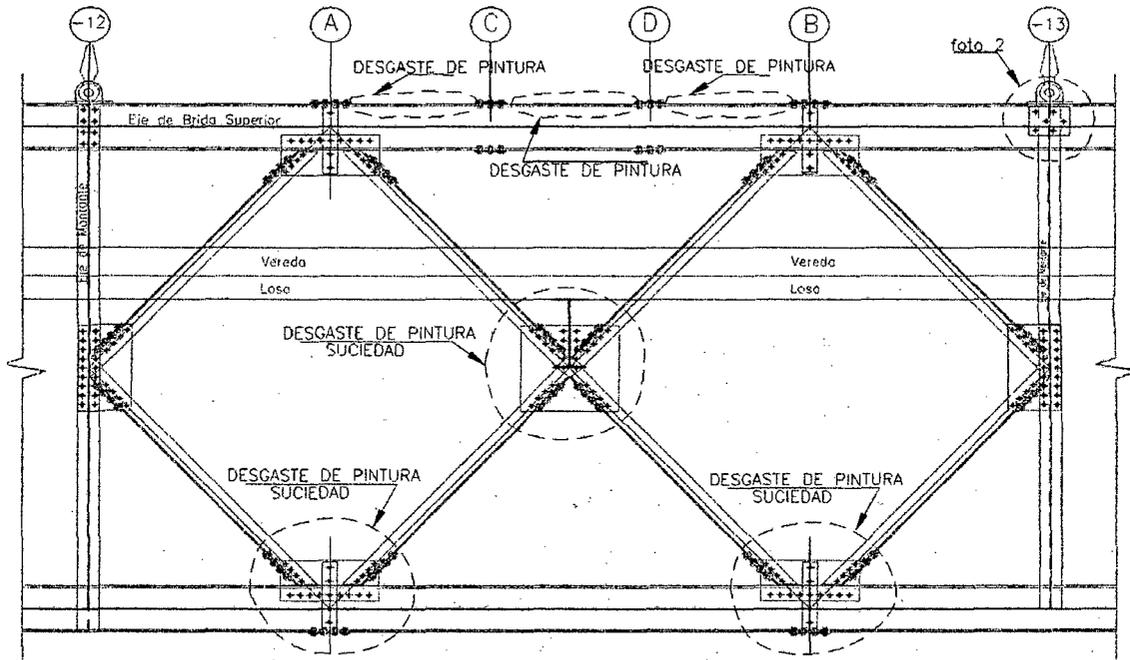


FOTO 1 : TRAMO -12-13

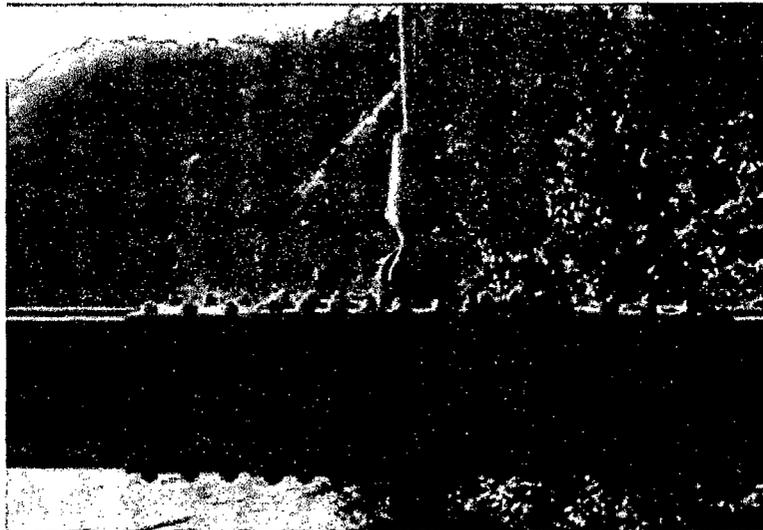


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

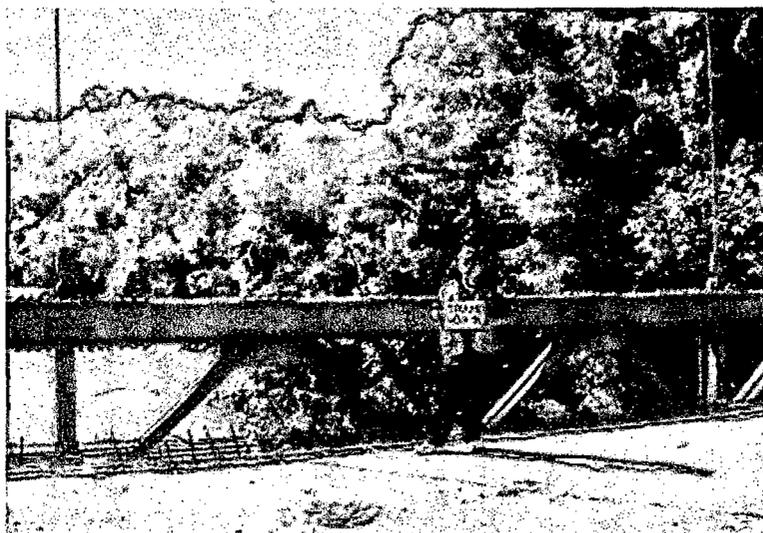
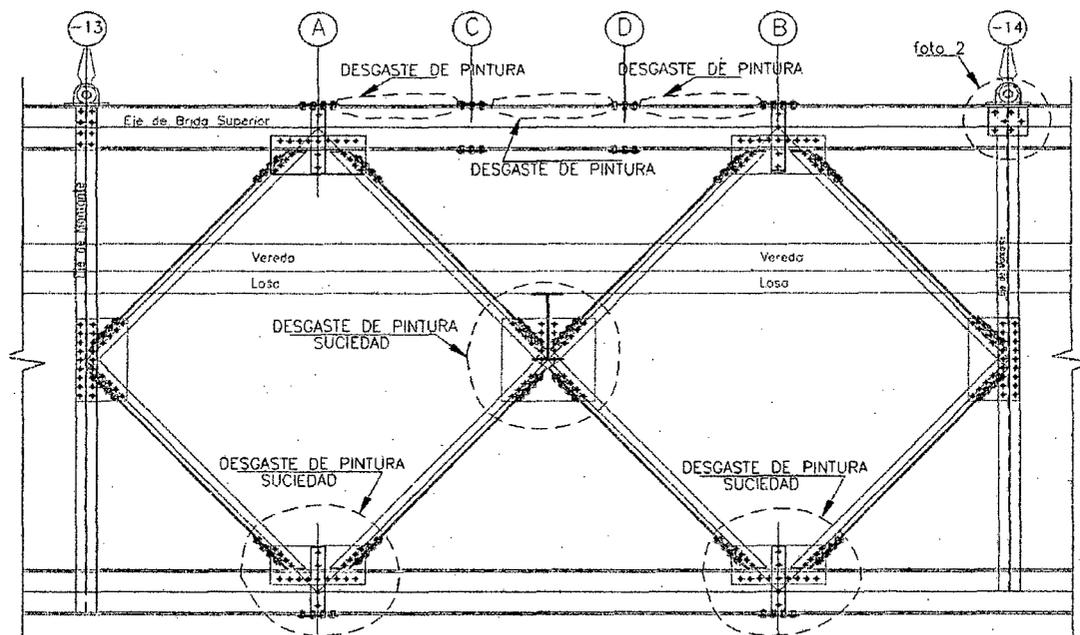


FOTO 1 : TRAMO -13-14

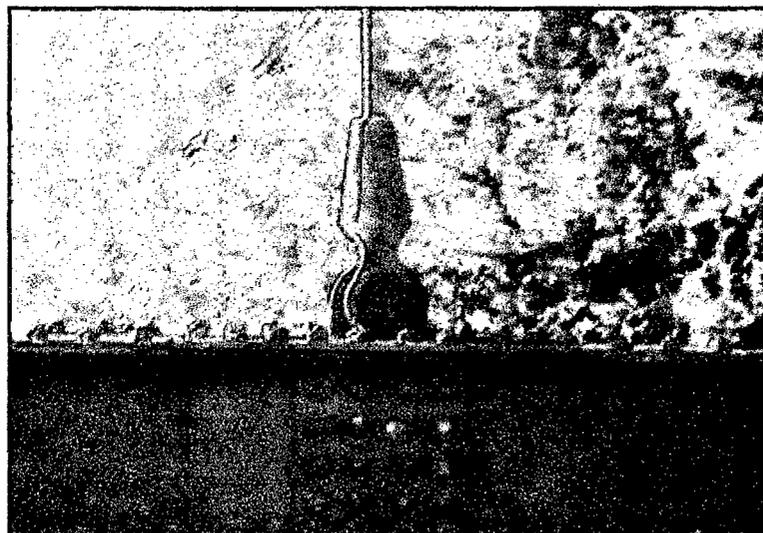


FOTO 2: SE APRECIA CORROSION Y DESGASTE DE PINTURA

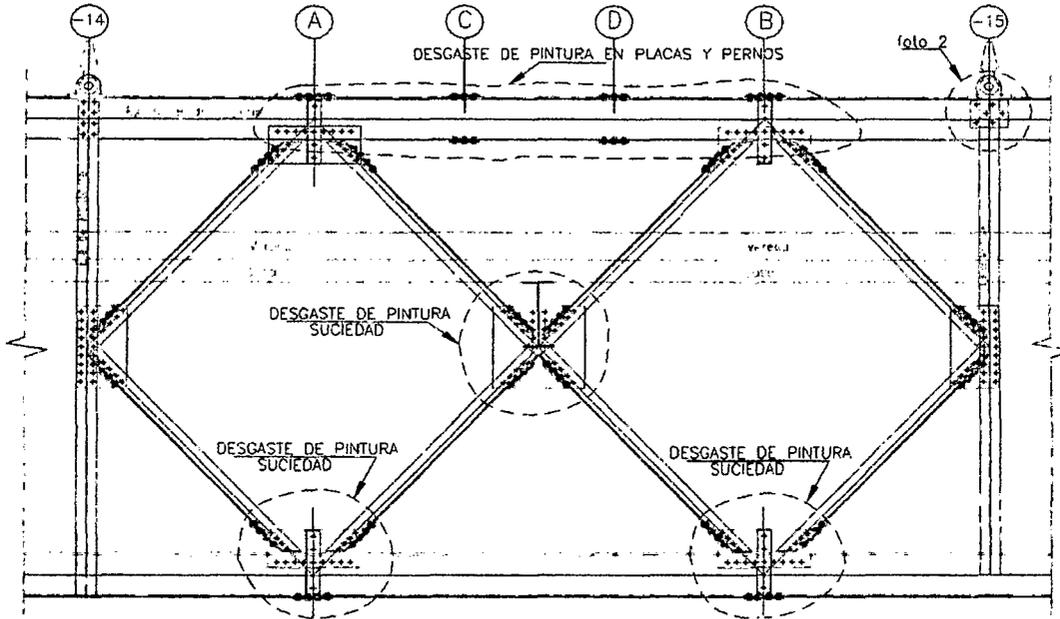


FOTO 1 : TRAMO -14-15

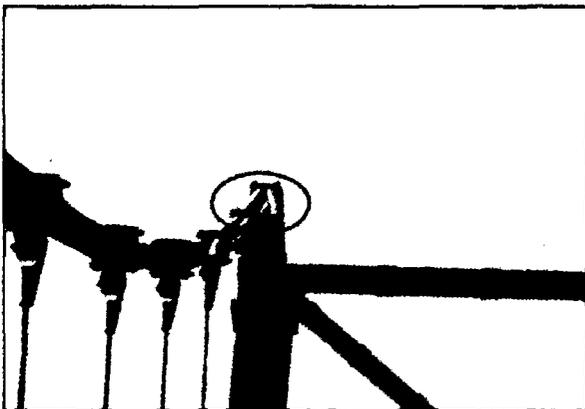


FOTO 2: SE APRECIA ROTURA DEL CABLE PRINCIPAL

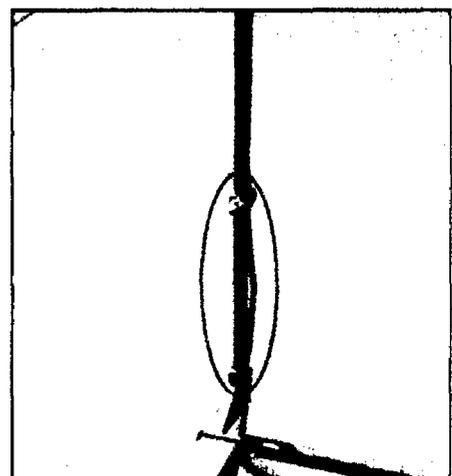


FOTO 3: SE APRECIA CABLE PRINCIPAL SUELTO.

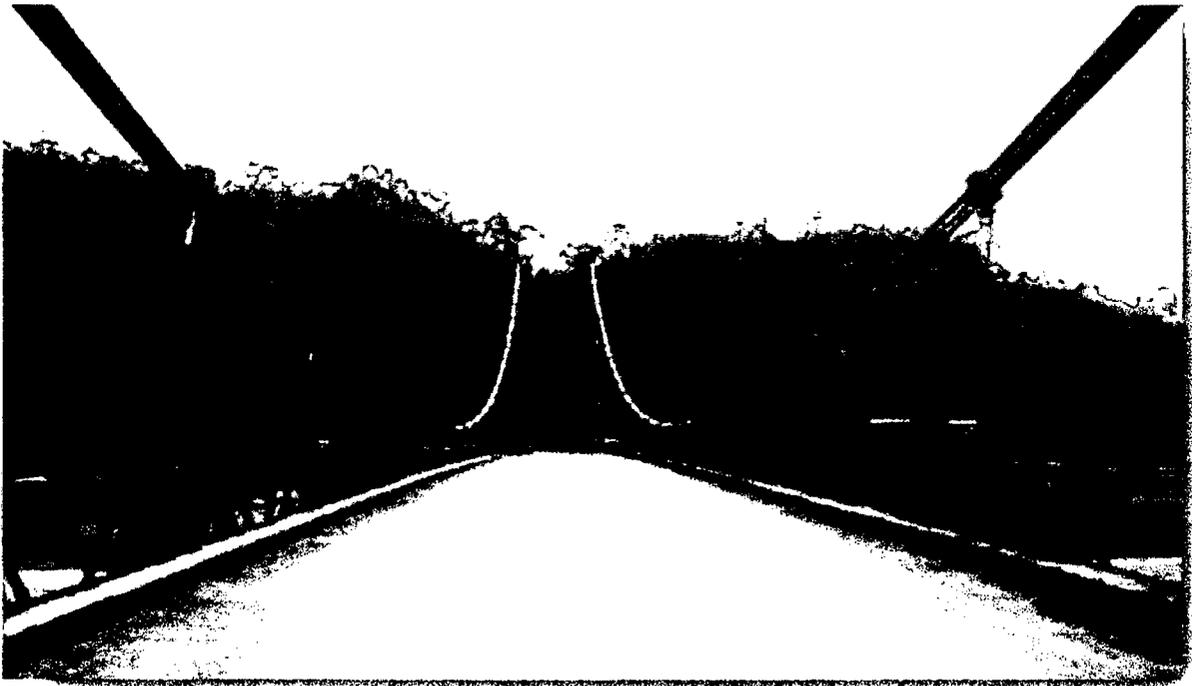
PANEL FOTOGRAFICO COMPARATIVO DE UNA INSPECCION REALIZADA EL 2007 POR CONSORCIO PERLAMAYO Y EL ESTADO ACTUAL JUNIO 2010



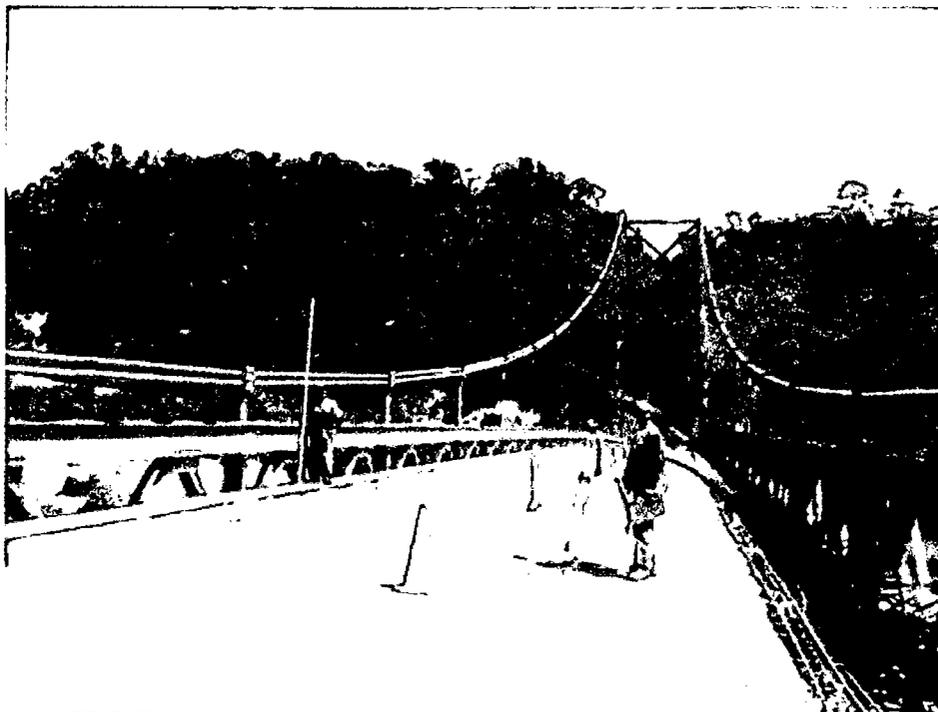
VISTA GENERAL DEL PUENTE PUNTA ARENAS ANTES



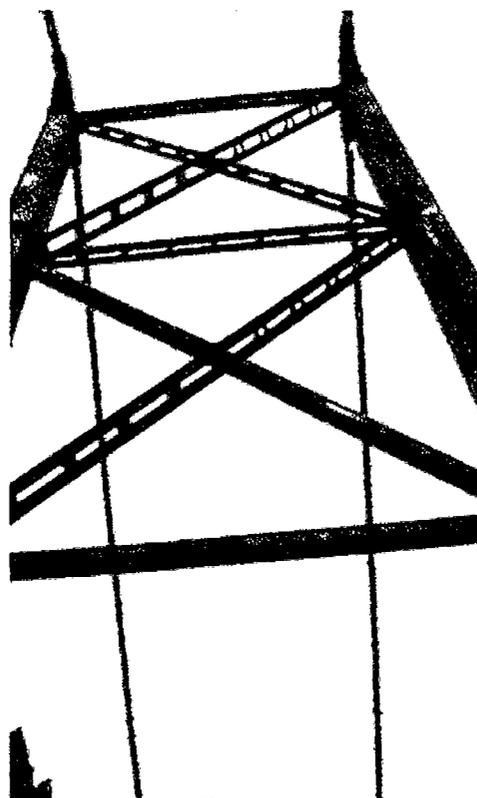
1: VISTA GENERAL DEL PUENTE PUNTA ARENAS ACTUAL.



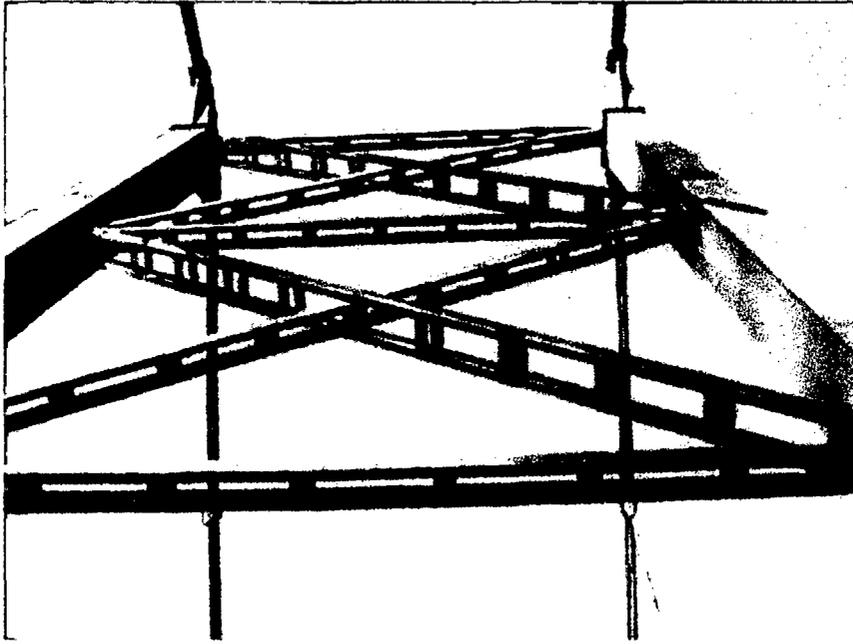
VISTA DE LA CARPETA ASFALTICA Y PARTE DE LOS ARRIOSTRES LATERALES, TORRE Y PENDOLAS DEL PUENTE
ANTES



2: VISTA DE LA DEMOLICION DE LOSA Y CARPETA ASFALTICA Y PARTE DE LOS ARRIOSTRES LATERALES, TORRE Y PENDOLAS DEL PUENTE ACTUAL.



VISTA DE ARRIOSTRES DE TORRE ANTES



3: VISTA DE ARRIOSTRES DE TORRE ACTUAL.



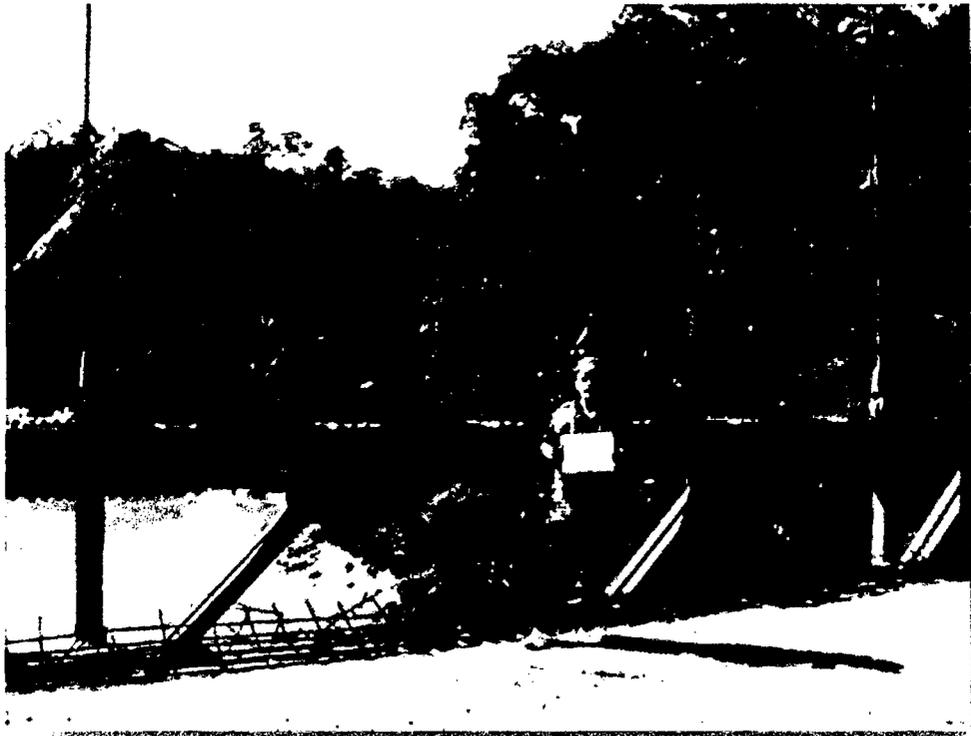
VISTA DE PARANTES DE TORRE, ARRIOSTRES LATERALES DEL PUENTE RETICULADO, COLGANTE Y PILAR EN EL LADO DERECHO DEL PUENTE ANTES.



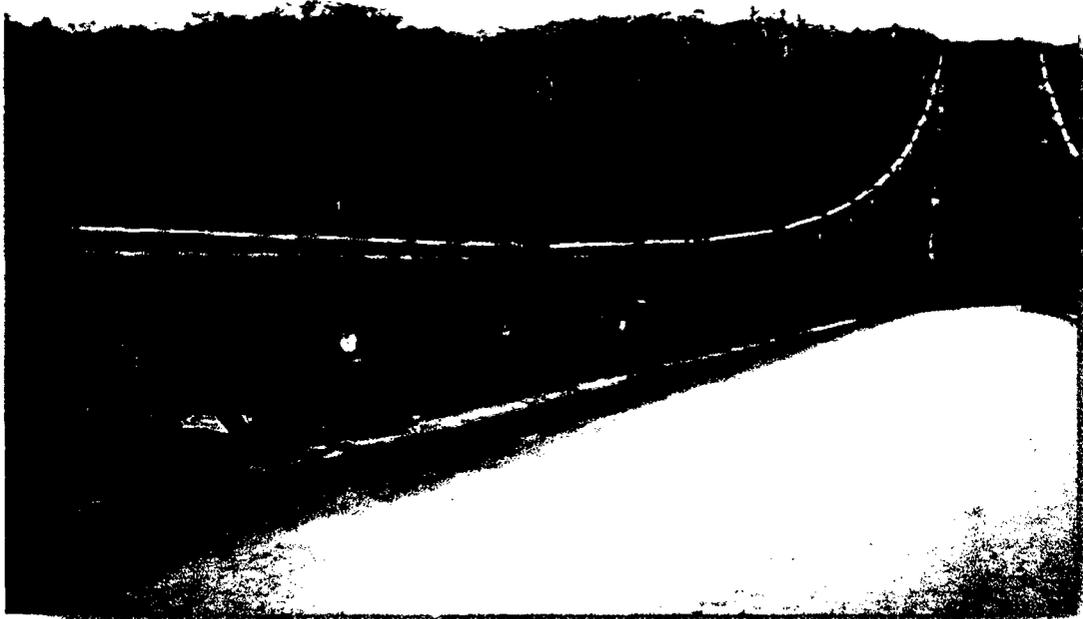
4: VISTA DE PARANTES DE TORRE, ARRIOSTRES LATERALES DEL PUENTE RETICULADO, PILAR EN EL LADO DERECHO DEL PUENTE.



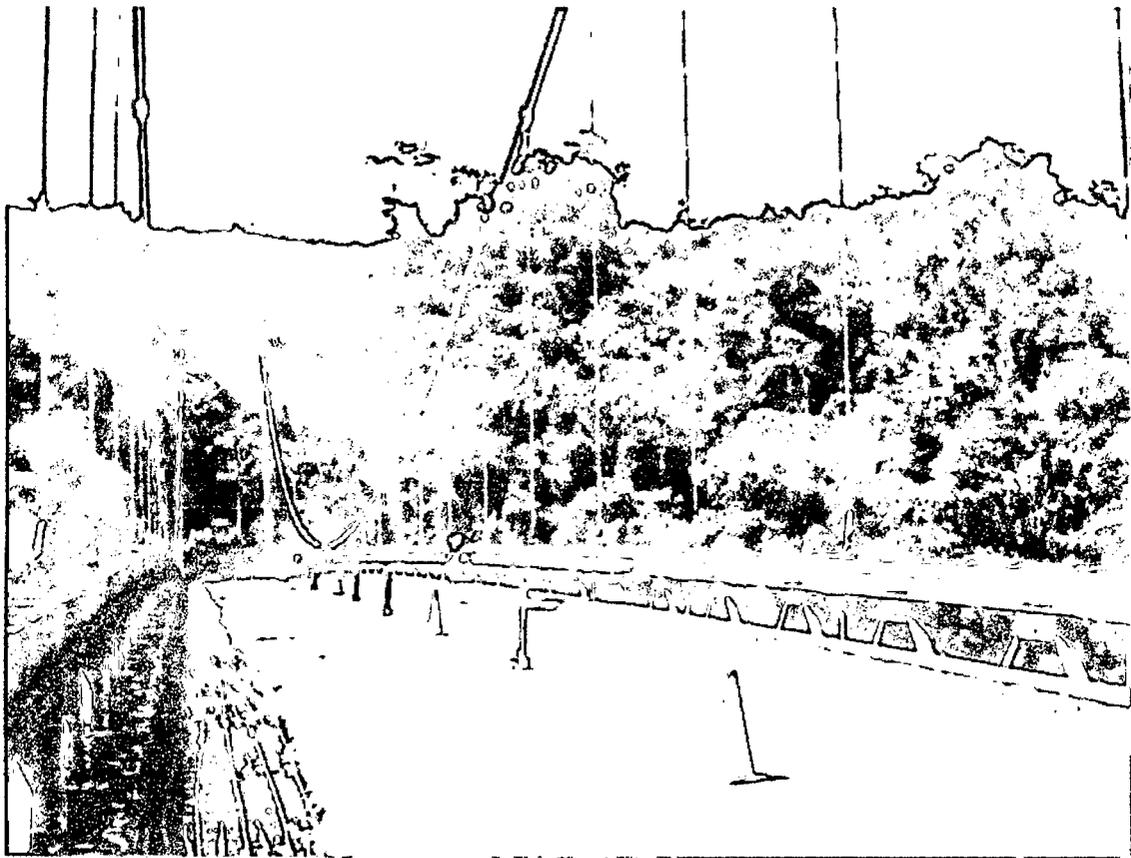
ARRIOSTRES LATERALES DEL PUENTE COLGANTE AGUAS ARRIBA ANTES



5: ARRIOSTRES LATERALES DEL PUENTE COLGANTE AGUAS ARRIBA Y LA LOSA DEMOLIDA POR ROTURA DEL CABLE ACTUAL.



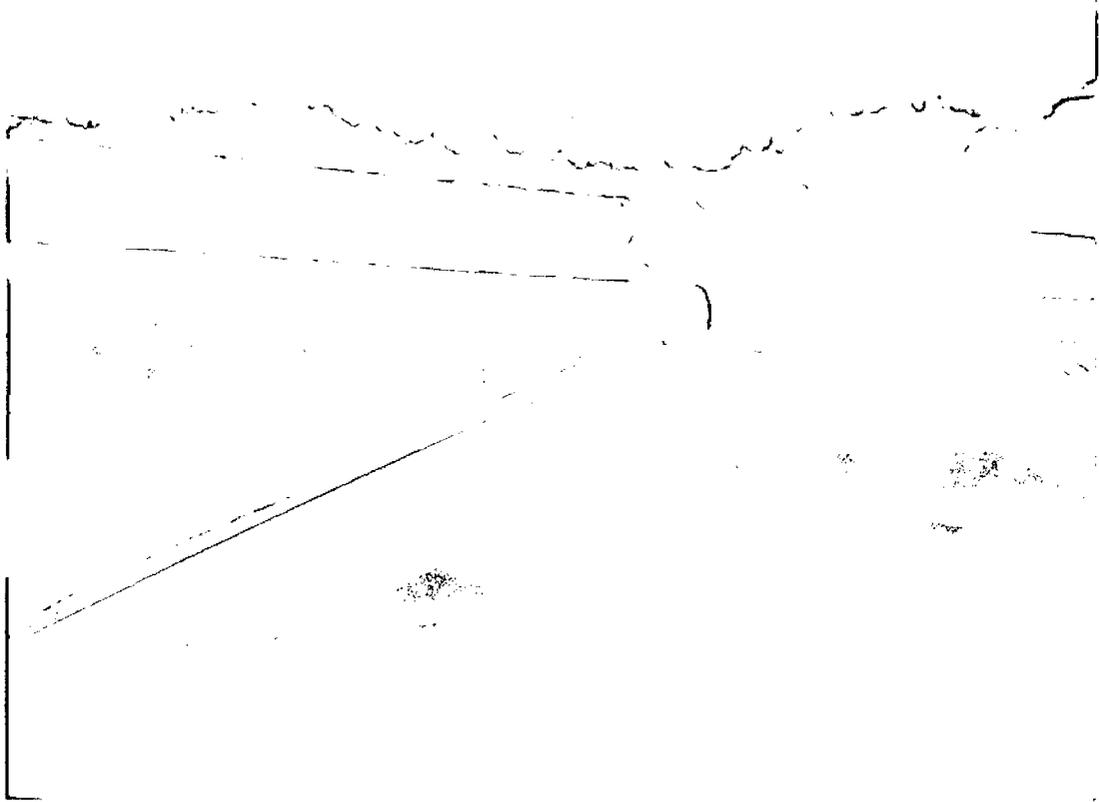
VISTA DE CABLES Y LOS ARRIOSTRES LATERALES AGUAS ARRIBA ANTES.



6: VISTA DE CABLES Y LOS ARRIOSTRES LATERALES AGUAS ARRIBA, LA VIA ESTA RESTRINGIDA POR LA LOSA DEMOLIDA ACTUAL.



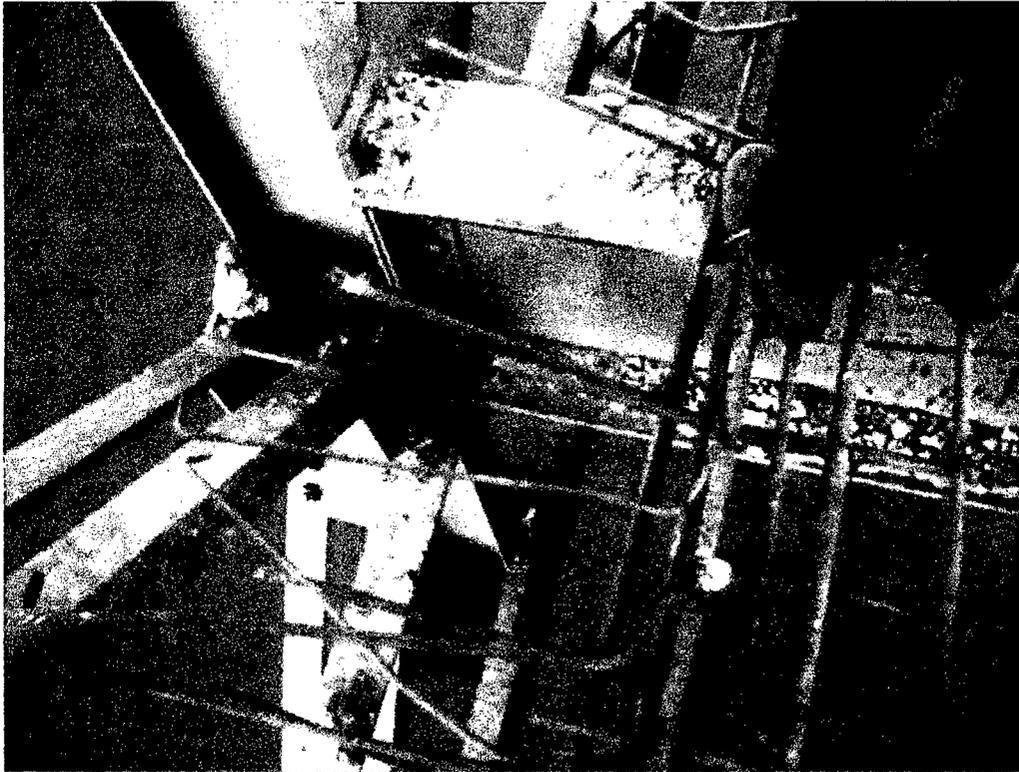
VISTA DE LOS CABLES LONGITUDINALES DEL PUENTE AGUAS ARRIBA ANTES



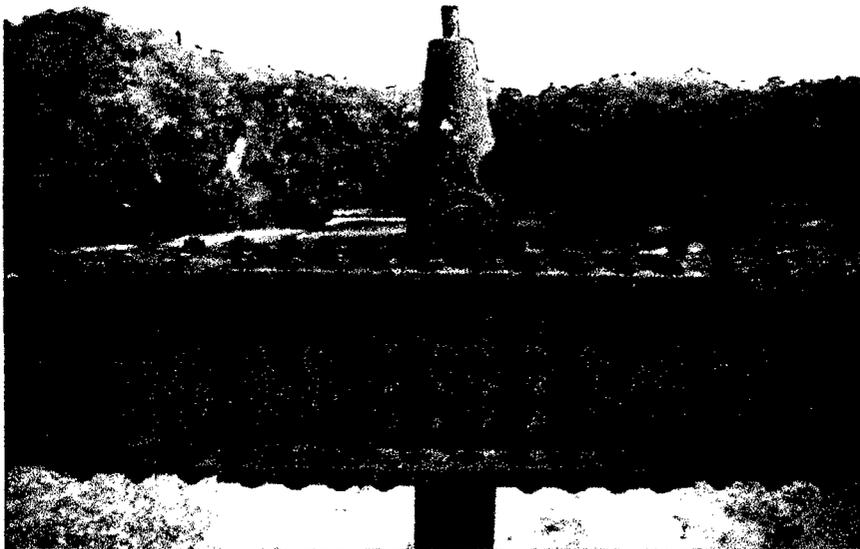
7: VISTA DE LOS CABLES LONGITUDINALES DEL PUENTE AGUAS ARRIBA, SE APRECIA EL CORRIMIENTO DE UN CABLE APROX.16cm GENERANDO PANDEO EN ARRIOSTRE ACTUAL.



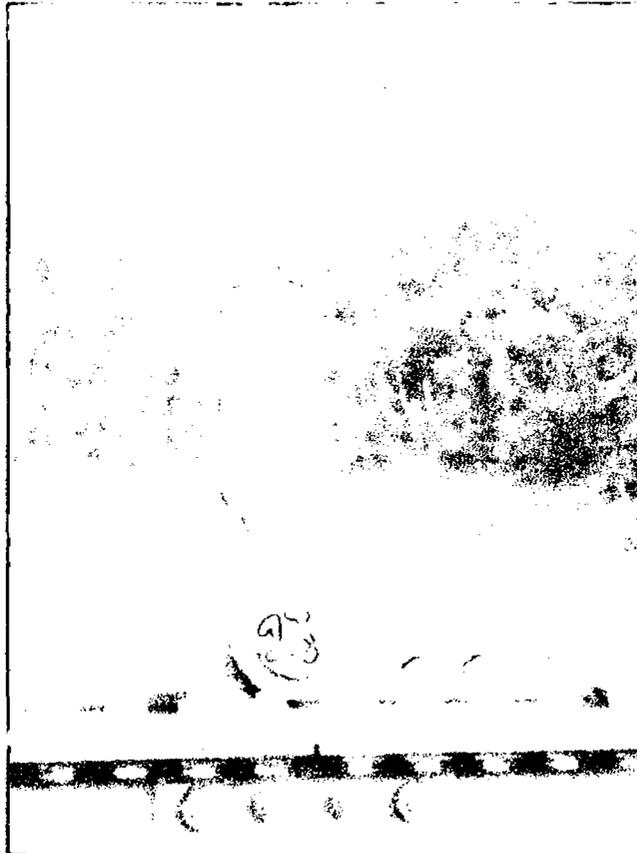
VISTA DE EMPALMES DEL PUENTE COLGANTE ANTES.



8. VISTA DEL NUDO ENTRE VIGA RIGIDEZ, TRANSVERSAL Y LOSA DEMOLIDADA ACTUAL.



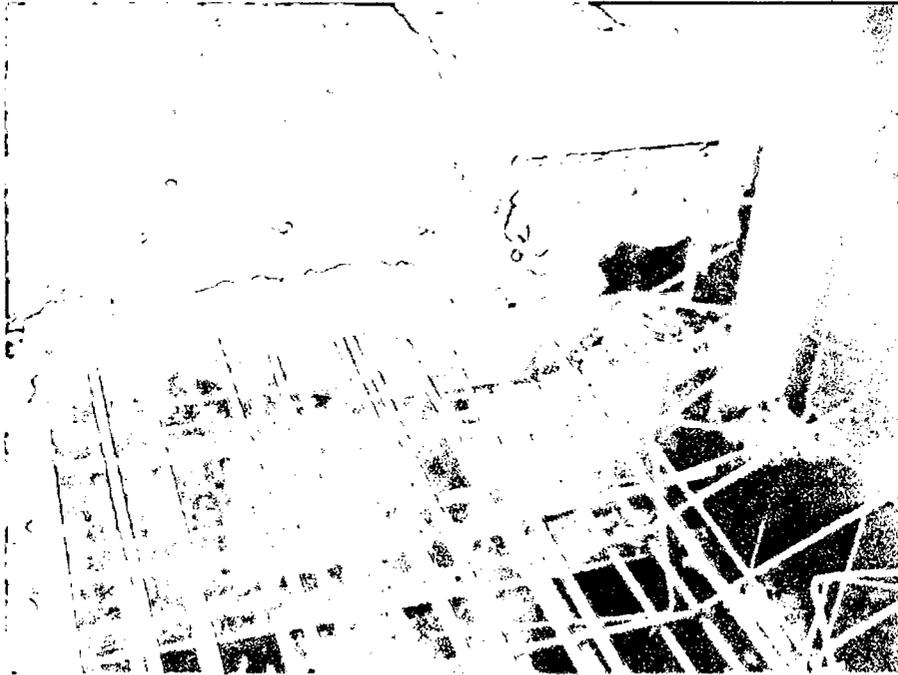
VISTA DE EMPALMES DE ARRIOSTRES Y ANCLAJES DE PENDOLAS ANTES.



9: VISTA DE EMPALMES DE ARRIOSTRES Y ANCLAJES DE PENDOLAS HAY ROTURA DE CABLE ACTUAL.



VISTA DE JUNTA METALICA ANTES.



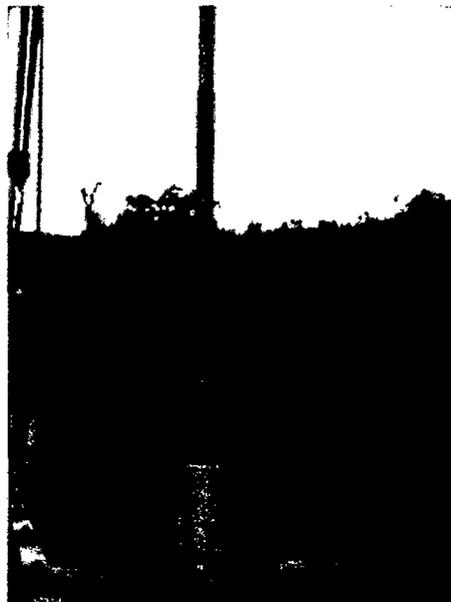
10: VISTA DE JUNTA METALICA CON PARTE DE LA LOSA DEMOLIDA ACTUAL.



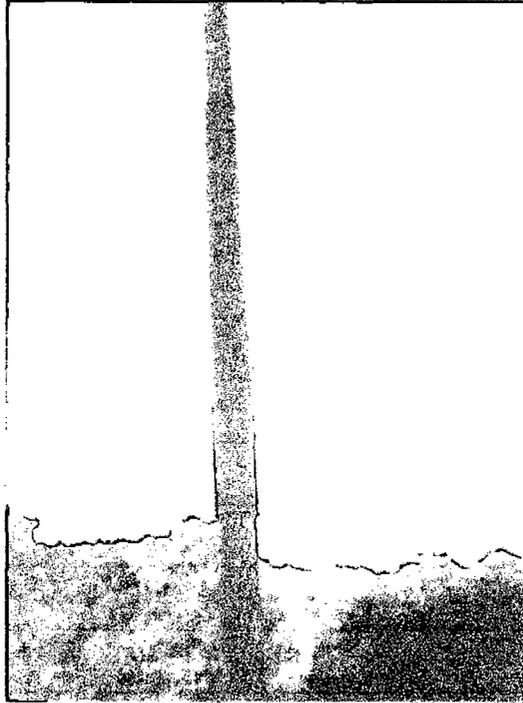
VISTA DE UNION DE PENDOLAS DE ANCLAJE ANTES.



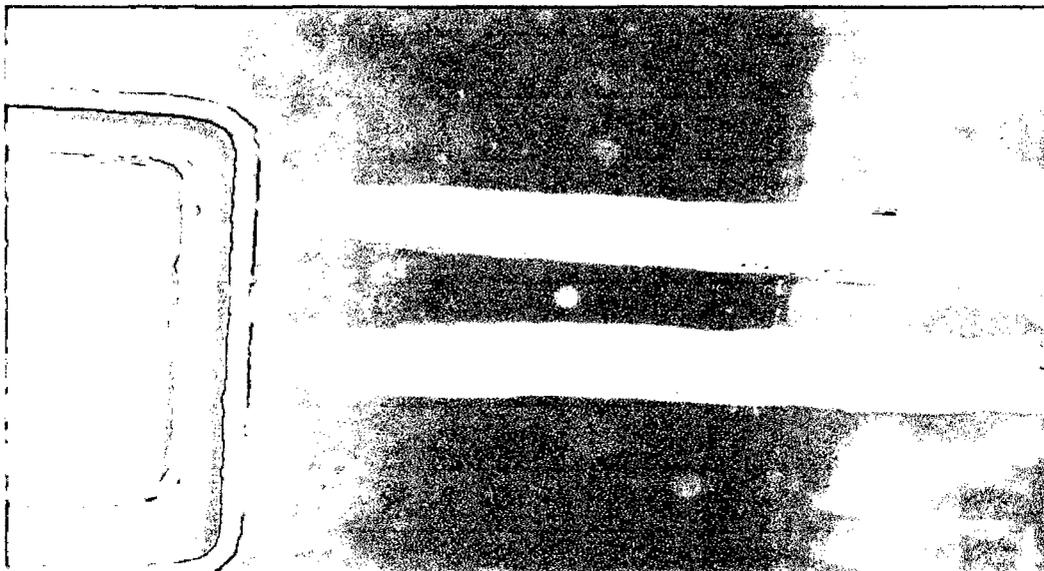
11: VISTA DE UNION DE PENDOLAS DE ANCLAJE Y SE APARECIA LA ROTURA DE UN ALAMBRE ACTUAL.



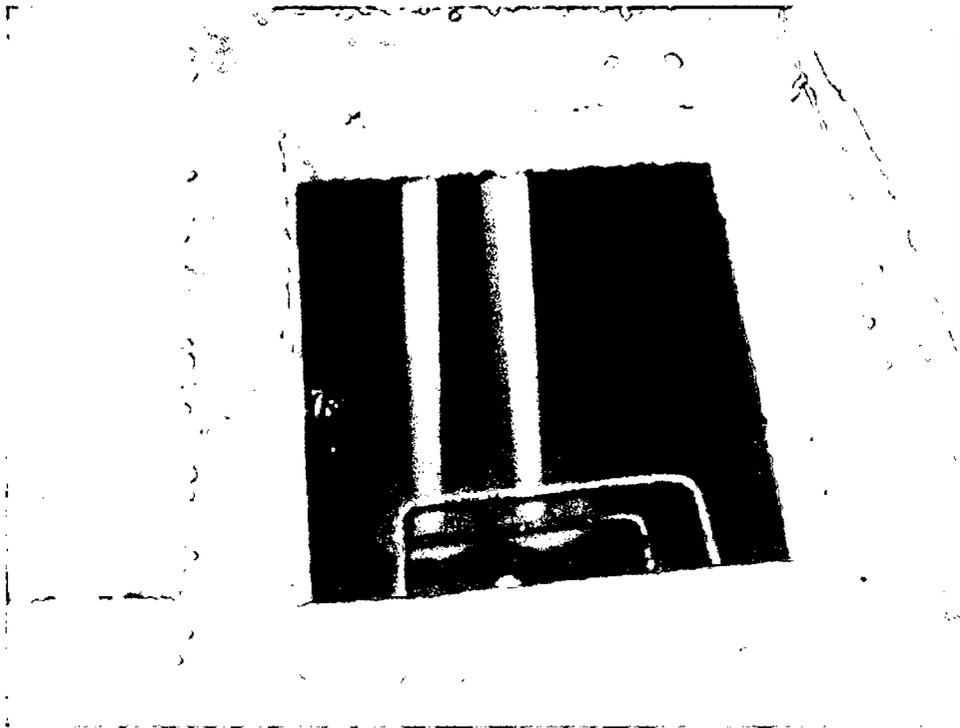
VISTA DE LAS PENDOLAS DE ANCLAJE Y REFORZADO CON ALAMBRE PARA EVITAR EL DESPRENDIMIENTO DE LOS ALAMBRES ANTES.



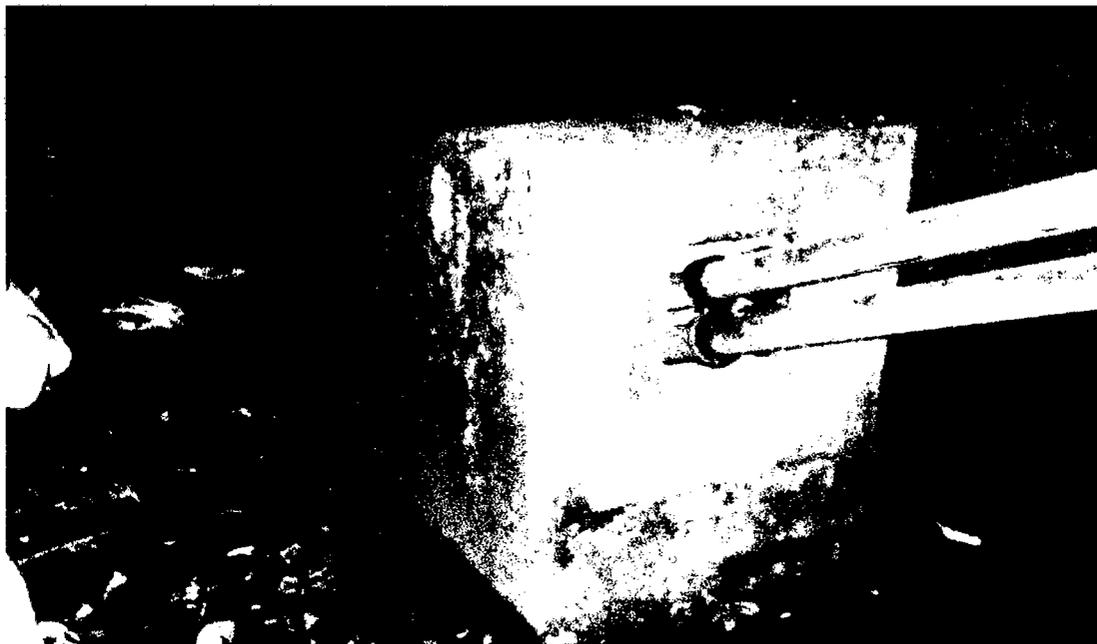
12: VISTA DE LAS PENDOLAS DE ANCLAJE, REFORZADO CON ALAMBRE PARA EVITAR EL DESPRENDIMIENTO DE LOS ALAMBRES ACTUAL.



VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA DE LOS CABLES LONGITUDINALES, SE ENCUENTRA LLENA DE AGUA ANTES.



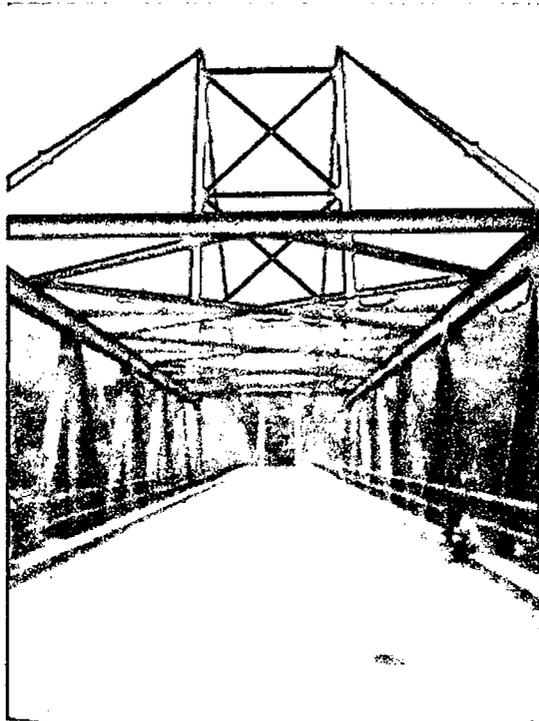
13: VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE DERECHA DE LOS CABLES LONGITUDINALES, SE APRECIA UN MANTENIMIENTO EFECTUADO ACTUAL.



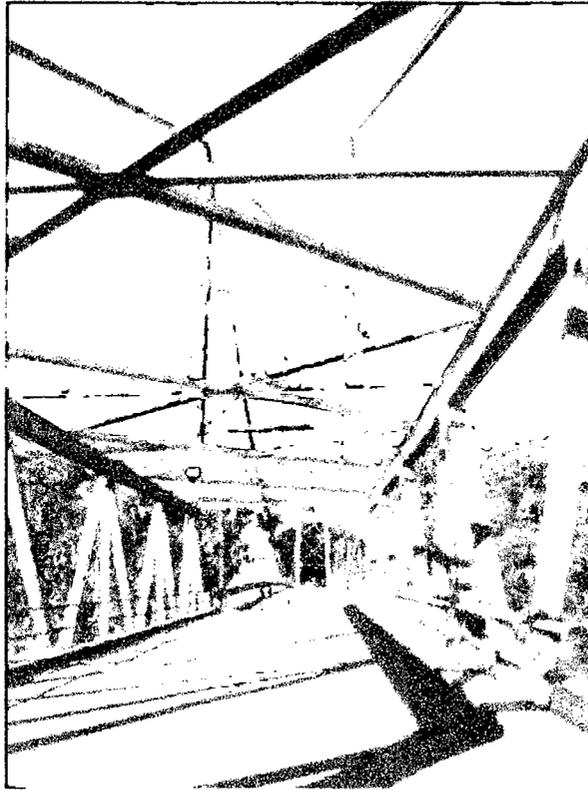
VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA ANTES.



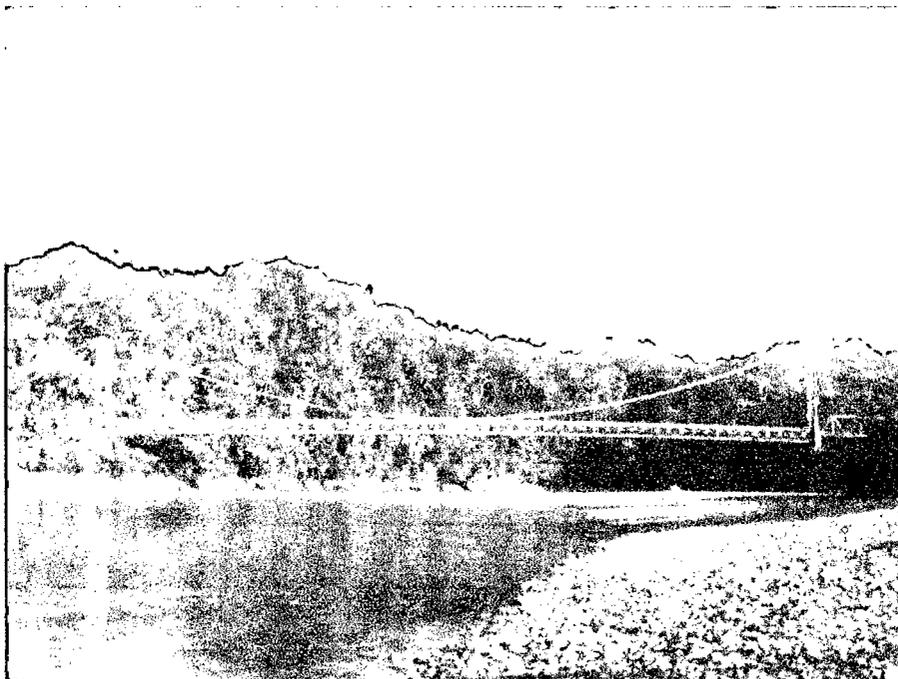
14: VISTA DE LA CAMARA DE ANCLAJE IZQUIERDA ACTUAL.



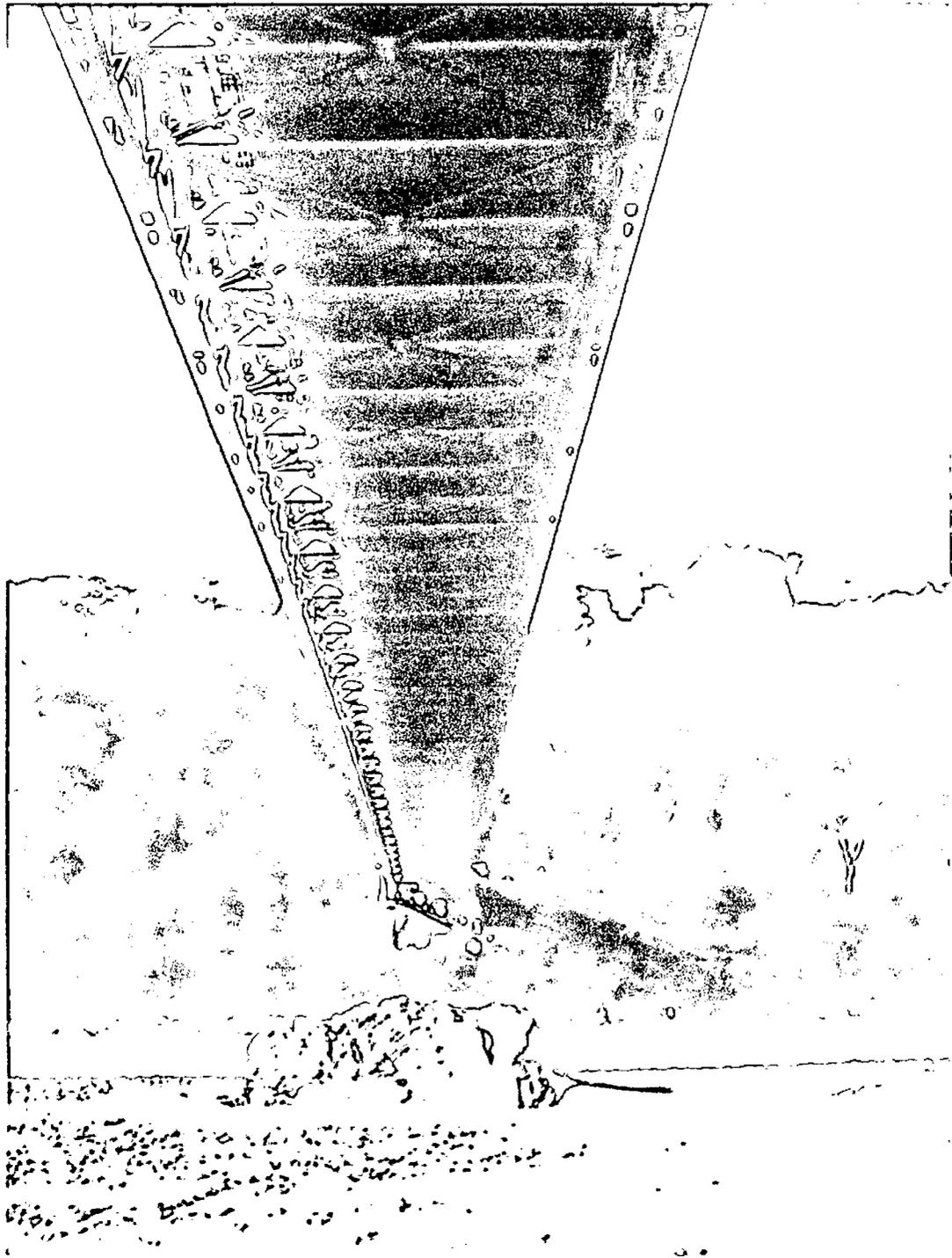
VISTA DE ARRIOSTRES LATERALES Y SUPERIORES DEL PUENTE RETICULADO ANTES.



15: VISTA DE ARRIOSTRES LATERALES Y SUPERIORES DEL PUENTE RETICULADO Y AL FONDO EL COLGANTE CON TRAFICO RESTRINGIDO ACTUAL.



16: VISTA PANORAMICA DEL PUENTE DESDE AGUAS ARRIBA SE APRECIA EL PUENTE RETICULADO EN AL MARGEN DERECHO.



17: VISTA DESDE EL FONDO DEL PUENTE LAS VIGAS TRASNVERSALES Y LA LOSA DEMOLIDA PARCIALMENTE EN TODA LA LONGITUD SE REQUIERE EL CAMBIO TOTAL DE LA LOSA Y LA CARPETA ACTUAL.

ANEXO N° 03
ENSAYO DE ULTRASONIDO

CLIENTE : CONSORCIO VIAL JUANJUI

ZONA DE INSPECCION : PUENTE PUNTA ARENAS

1. ANTECEDENTES:

A solicitud de CONSORCIO VIAL JUANJUI se realizaron los ensayos no destructivos en el Puente Punta Arenas, con el objetivo de evaluar el estado físico del mismo.

Debemos de indicar que estas pruebas se dió más énfasis a las zonas más afectadas por la corrosión.

Para la identificación de las zonas inspeccionadas se tomara como referencia los planos presentados en los Reportes de Inspección.

2. INSPECCIONES REALIZADAS:

Inspección Ultrasónica (Medición de Espesores).

2.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA :

- ASME SECC V
- ASTM A-435

3. MATERIALES Y EQUIPOS EMPLEADOS:

Para la inspección ultrasónica se utilizaron los siguientes equipos:

- 01 Equipo Ultrasónico marca GE INSPECTION TECHNOLOGIES, modelo DM5 E DL
- 01 Transductor D-560 Dual de Haz Recto.
- 01 Patrón de calibración del tipo escalera.
- Escobillas, lijas, etc.

4. PROCEDIMIENTO EMPLEADO:

- Remoción de óxidos, pintura etc. Mediante herramientas mecánicas y manuales hasta dejar la zona de interés a Metal Blanco.
- Aplicación del acoplante (Gel)
- El área de inspección es de aproximadamente es de 3 cm x 3 cm, se tomaron 6 lecturas de los cuales se registra un promedio como punto de calibración en el Reporte de Inspección.
- En los canales, diagonales, cartelas y barandas se tomaron las referencias de medición en las zonas más afectadas por la corrosión.

5. RESULTADOS :

- Los resultados de los elementos inspeccionados se presentan en los Reportes de Inspección.
- Los daños causados por corrosión que sean mayores a 1.6 mm de su espesor nominal será considerada como Corrosión severa.

6. CONCLUSIONES:

La evaluación de las inspecciones en este puentes, se encontró que los componentes con mayores daños, es el canal que comprende el tramo (0 A +1) el cual presenta corrosión severa generalizada; el cual se presentó antes de la aplicación del recubrimiento de pintura.

Con respecto a los otros elementos que han sido Inspeccionados en el Puente se encuentran dentro de los rangos de tolerancia que dicta la norma.



S.P.I. GAMMA SAC.
 AV. PROLONGACION SANTA ROSA N° 271
 URB. STELLA MARIS
 BELLAVISTA
 CALLAO - PERU
 TELEFAX: 420-9844 / 9647-4404
 spigamma@hotmail.com

**ENSAYO DE
 ULTRASONIDO**
(Medición de Espesores)

Reporte N°
 001/ UT-PTE. PUNTA ARENAS /10
 Pág. N° 01/05
 Fecha: 13/06/10-16/06/10

CLIENTE : CONSORCIO VIAL JUANJUI
 PROYECTO: PUENTE PUNTA ARENAS

ZONA DE INSPECCION: A. ABAJO TRAMO (0 - 1)
 PLANO: _____

DETALLES DEL ELEMENTO INSPECCIONADO

PUENTE: Punta Arenas
 TRAMO : Campanilla - Perlamayo
 KM : 06+441.93
 LUZ DE PUENTE: 271 m.
 ANCHO DE VIA: 7.20 m.

SIST. ESTRUCTURAL : Puente de 02 Tramos
 SUPERESTRUCTURA : Arriostre de acero colgante
 (220.20 m.) Reticulado (50.80 m.)
 SUBESTRUCTURA : 02 Estribos+02 Camaras de
 Anclaje, 01 Pilar

MATERIAL : ASTM A-36
 ALINEAMIENTO : Recto
 UBICACION :
 Prov. Mariscal Cáceres - San. Martín

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

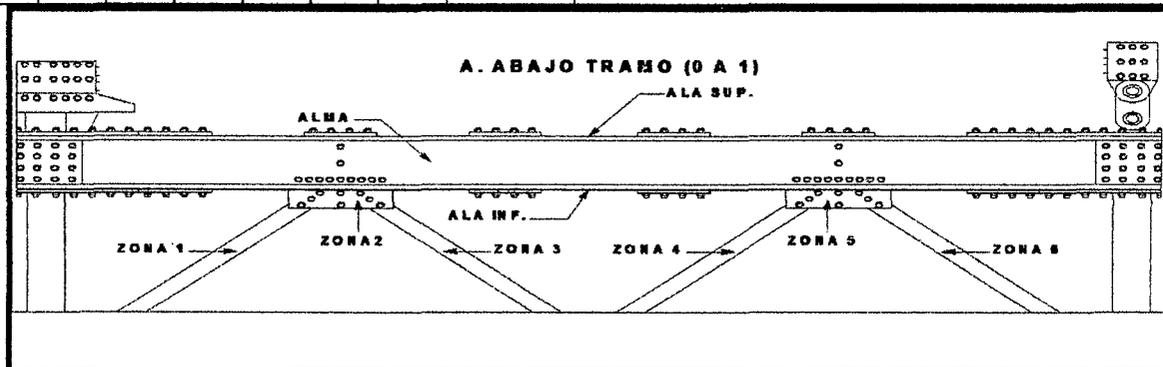
EQUIPO : GE. INSPECTION TECHNOLOGIES
 MODELO : DM5 E DL
 SERIE : 001055
 PATRON : Tipo Escalera

PALPADOR : D-560 (Dual Haz Recto)
 FRECUENCIA : 5 MHz
 ACOPLANTE : Gel

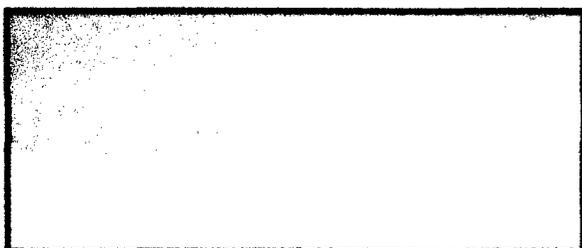
CODIGO DE PROCEDIMIENTO: ASTM A-435

CODIGO DE EVALUACION: ASTM A-435

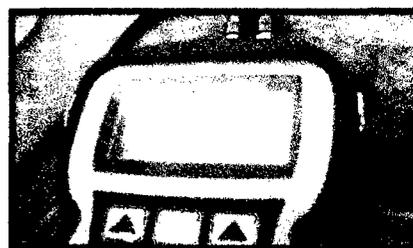
ZONA	REFERENCIA DE MEDICION (mm)							OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO	
ALA SUP.	15.47	15.30	16.00	15.83	15.38	15.72	15.61	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALA INF.	15.41	15.37	15.43	15.36	15.78	15.19	15.42	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALMA	13.01	13.21	13.42	13.19	13.21	13.11	13.19	PRESENTA CORROSION SEVERA, AL PARECER SE PINTO CON PRESENCIA DE ESTA
ZONA 1	10.12	10.05	10.11	9.97	9.89	10.03	10.02	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 2	13.76	13.45	13.81	13.01	13.25	13.14	13.40	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 3	10.51	10.32	9.88	10.37	9.78	9.86	10.12	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 4	10.33	10.24	10.14	11.01	10.13	10.03	10.31	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 5	13.26	13.11	13.14	13.31	13.41	13.07	13.21	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 6	11.02	10.14	10.21	10.19	10.09	10.13	10.29	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION



DETALLES DE LA INSPECCION



PRESENCIA DE CORROSION A LO LARGO DE TODA EL ALMA



REGISTRO DE ESPESOR EN EL ALMA DEL CANAL

Inspector: **Ing. Omar Elías M.**
 Nivel : **II-SNT-TC-1A**
 Firma:

Aprobado por: **Ing. Jaime Chávez Echevarría.**
 Firma:



S.P.I. GAMMA SAC.
 AV. PROLONACION SANTA ROSA N° 271
 URB. STELLA MARIS
 BELLAVISTA
 CALLAO - PERU
 TELEFAX: 420-9844 / 9647-4404
 spigamma@hotmail.com

**ENSAYO DE
 ULTRASONIDO**
 (Medición de Espesores)

Reporte N°
 001/ UT-PTE. PUNTA ARENAS /10
 Pág. N° 02/05
 Fecha: 13/06/10-16/06/10

CLIENTE : CONSORCIO VIAL JUANJUI
 PROYECTO: PUENTE PUNTA ARENAS

ZONA DE INSPECCION: A ABAJO TRAMO (0 - 1)
 PLANO: _____

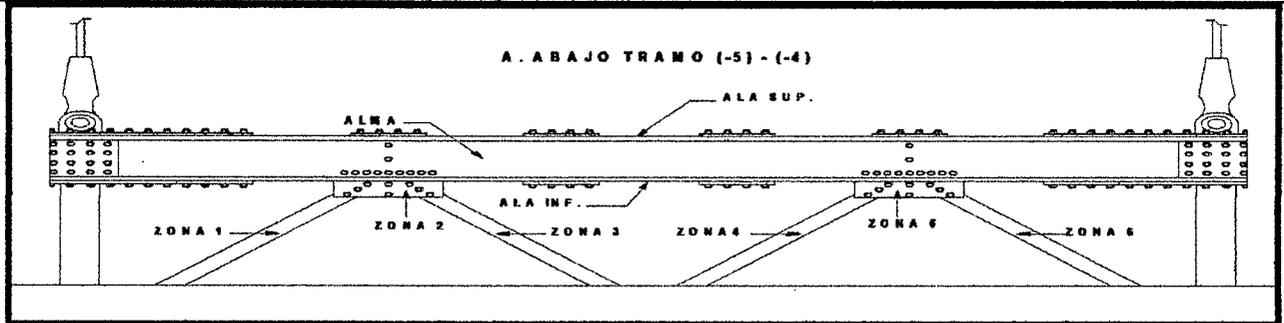
DETALLES DEL ELEMENTO INSPECCIONADO

PUENTE: Punta Arenas TRAMO : Campanilla - Perlamayo KM : 06+441.93 LUZ DE PUENTE: 271 m. ANCHO DE VIA: 7.20 m.	SIST. ESTRUCTURAL : Puente de 02 Tramos SUPERESTRUCTURA : Arrioste de acero colgante (220.20 m.) Reticulado (50.80 m.) SUBESTRUCTURA : 02 Estribos+02 Camaras de Anclaje, 01 Pilar	MATERIAL : ASTM A-36 ALINEAMIENTO : Recto UBICACION: Prov. Mariscal Cáceres - San. Martín
--	--	--

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

EQUIPO : GE INSPECTION TECHNOLOGIES MODELO : DM5 E DL SERIE : 001055 PATRON : Tipo Escalera	PALPADOR : D-560 (Dual Haz Recto) FRECUENCIA : 5 MHz ACOPLANTE : Gel
CODIGO DE PROCEDIMIENTO: ASTM A-435	CODIGO DE EVALUACION: ASTM A-435

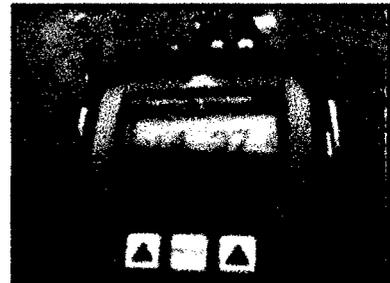
ZONA	REFERENCIA DE MEDICION (mm)							OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO	
ALA SUP.	15.31	15.82	15.78	15.74	15.62	15.47	15.62	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALA INF.	15.43	15.47	15.53	15.32	15.38	15.17	15.38	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALMA	14.83	14.69	14.37	14.84	14.75	14.71	14.69	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 1	10.29	10.15	10.10	9.94	10.19	10.01	10.11	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 2	13.86	13.35	13.71	13.61	13.45	13.21	13.53	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 3	10.31	10.22	9.98	10.39	10.28	9.96	10.19	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 4	10.21	10.26	10.24	10.31	10.23	10.13	10.23	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 5	13.46	13.44	13.12	13.16	13.22	13.03	13.23	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 6	10.09	10.15	10.11	10.17	10.19	10.06	10.12	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION



DETALLES DE LA INSPECCION



MEDICION DE ESPESOR ALA SUPERIOR



REGISTRO DE ESPESOR EN EL ALMA DEL CANAL

Inspector: Ing. Omar Elías M.
 Nivel : II-SNT-TC-1A
 Firma:

Aprobado por: Ing. Jaime Chávez Echevarría.
 Firma:



S.P.I. GAMMA SAC.
 AV. PROLONGACION SANTA ROSA N° 271
 URB. STELLA MARIS
 BELLAVISTA
 CALLAO - PERU
 TELEFAX: 420-9044 / 9647-4404
 spigamma@hotmail.com

**ENSAYO DE
 ULTRASONIDO**
(Medición de Espesores)

Reporte N°
 001/ UT-PTE. PUNTA ARENAS 110
 Pág. N° 03/05
 Fecha: 13/06/10-16/06/10

CLIENTE : CONSORCIO VIAL JUANJAN
 PROYECTO: PUENTE PUNTA ARENAS

ZONA DE INSPECCION: A. ABAJO TRAMO (0 - 1)
 PLANO: _____

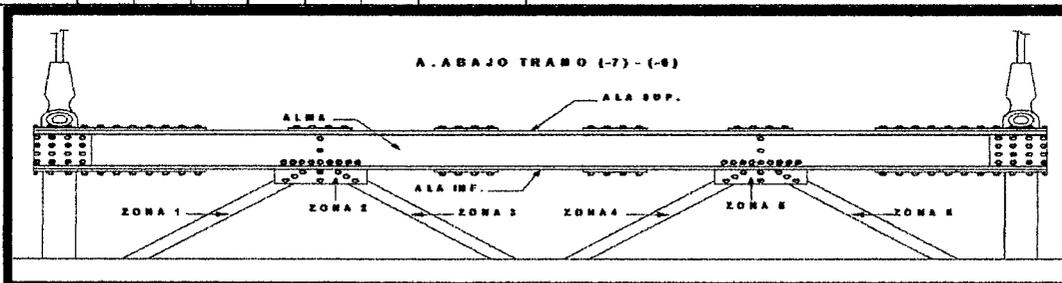
DETALLES DEL ELEMENTO INSPECCIONADO

PUENTE: Punta Arenas TRAMO : Campanilla - Perlamayo KM : 06+441.93 LUZ DE PUENTE: 271 m. ANCHO DE VIA: 7.20 m.	SIST. ESTRUCTURAL : Puente de 02 Tramos SUPERESTRUCTURA : Arrioste de acero colgante (220.20 m.) Reticulado (50.80 m.) SUBESTRUCTURA : 02 Estribos+02 Camaras de Anclaje, 01 Pilar	MATERIAL : ASTM A-36 ALINEAMIENTO : Recto UBICACION : Prov. Mariscal Cáceres - San. Martín
--	---	--

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

EQUIPO : GE. INSPECTION TECHNOLOGIES MODELO : DM5 E DL SERIE : 001055 PATRON : Tipo Escalera	PALPADOR : D-560 (Dual Haz Recto) FRECUENCIA : 5 MHz ACOPLANTE : Gel
CODIGO DE PROCEDIMIENTO: ASTM A-435	CODIGO DE EVALUACION: ASTM A-435

ZONA	REFERENCIA DE MEDICION (mm)							OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO	
ALA SUP.	15.68	16.02	15.48	15.71	15.42	15.57	15.64	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALA INF.	15.19	15.21	15.54	15.62	15.39	15.27	15.37	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALMA	14.70	14.67	14.34	14.31	14.45	14.61	14.51	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 1	10.03	10.14	9.91	10.05	10.74	10.07	10.15	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 2	13.96	13.75	13.51	13.41	13.75	13.61	13.66	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 3	10.21	10.12	10.28	10.49	10.18	10.16	10.24	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 4	10.31	10.16	10.14	10.41	10.13	10.03	10.19	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 5	13.46	13.24	13.02	13.26	13.12	13.13	13.21	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 6	10.00	10.25	10.14	10.18	10.09	10.16	10.14	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION



DETALLES DE LA INSPECCION



TRAMO (-7) - (-8)



REGISTRO DE ESPESOR EN EL ALMA DEL CANAL

Inspector: Ing. Omar Elias M.
 Nivel : II-SNT-TC-1A
 Firma:

Aprobado por: Ing. Jaime Chávez Echevarría.
 Firma:



S.P.I. GAMMA SAC.
 AV. PROLONGACION SANTA ROSA N° 271
 URB. STELLA MARIS
 BELLAVISTA
 CALLAO - PERU
 TELEFAX: 420-8844 / 9647-4404
 spigamma@hotmail.com

**ENSAYO DE
 ULTRASONIDO**
 (Medición de Espesores)

Reporte N°
 001/UT-PTE. PUNTA ARENAS /10
 Pág. N° 04/05
 Fecha: 13/06/10-16/06/10

CLIENTE : CONSORCIO VIAL JUANAJI
 PROYECTO: PUENTE PUNTA ARENAS

ZONA DE INSPECCION: A. ABAJO TRAMO (0-1)
 PLANO: _____

DETALLES DEL ELEMENTO INSPECCIONADO

PUENTE: Punta Arenas
 TRAMO : Campanilla - Perlamayo
 KM : 06+441.93
 LUZ DE PUENTE: 271 m.
 ANCHO DE VIA: 7.20 m.

SIST. ESTRUCTURAL : Puente de 02 Tramos
 SUPERESTRUCTURA : Arrioste de acero colgante
 (220.20 m.) Reticulado (50.80
 m.)
 SUBESTRUCTURA : 02 Estribos+02Camaras de
 Anclaje_01Pilar

MATERIAL : ASTM A-36
 ALINEAMIENTO : Recto
 UBICACION:
 Prov. Mariscal Cáceres - San. Martín

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

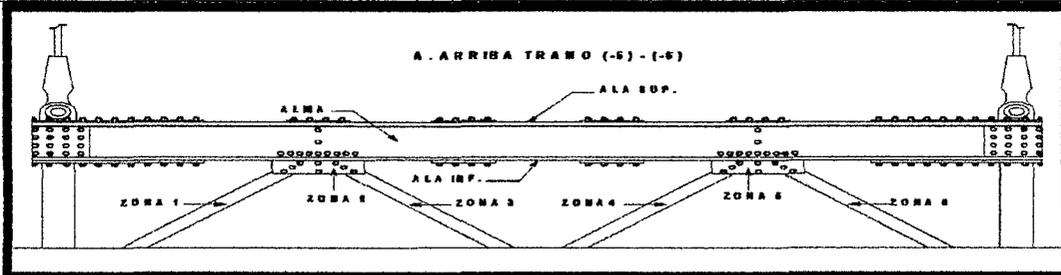
EQUIPO : GE INSPECTION TECHNOLOGIES
 MODELO : DM5 E DL
 SERIE : 001055
 PATRON : Tipo Escalera

PALPADOR : D-560 (Dual Haz Recto)
 FRECUENCIA : 5 MHz
 ACOPLANTE : Gel

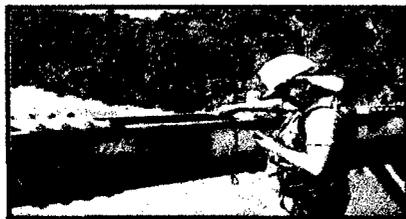
CODIGO DE PROCEDIMIENTO: ASTM A-435

CODIGO DE EVALUACION: ASTM A-435

ZONA	REFERENCIA DE MEDICION (mm)							OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO	
ALA SUP.	15.41	15.71	15.42	15.68	15.71	15.40	15.56	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALA INF.	15.43	15.38	15.21	15.39	15.31	15.17	15.32	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALMA	14.67	14.58	14.47	14.86	14.65	14.81	14.67	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 1	10.03	10.14	10.07	10.21	10.22	10.05	10.12	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 2	13.77	13.64	13.50	13.48	13.61	13.22	13.54	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 3	10.21	10.12	10.04	10.29	10.22	10.16	10.17	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 4	10.31	10.20	10.26	10.32	10.41	10.03	10.26	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 5	13.31	13.34	13.22	13.06	13.25	13.53	13.29	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 6	10.03	10.25	10.01	10.37	10.24	10.07	10.16	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION



DETALLES DE LA INSPECCION



MEDICION DE ESPESOR ALA SUPERIOR



REGISTRO DE ESPESOR EN EL ALMA DEL CANAL

Inspector: Ing. Omar Elias M.
 Nivel : II-SNT-TC-1A
 Firma:

Aprobado por: Ing. Jaime Chávez Echevarría.
 Firma:



S.P.I. GAMMA SAC.
 AV. PROLONGACION SANTA ROSA N° 271
 URB. STELLA MARIS
 BELLAVISTA
 CALLAO - PERU
 TELEFAX: 420-9844 / 9647-4404
 spigamma@hotmail.com

**ENSAYO DE
 ULTRASONIDO**
(Medición de Espesores)

Reporte N°
 001/ UT-PTE. PUNTA ARENAS /10
 Pág. N° 05/05
 Fecha: 13/06/10-16/06/10

CLIENTE : CONSORCIO VIAL JUANJUI
 ZONA DE INSPECCION: A. ABAJO TRAMO (0 - 1)
 PROYECTO: PUENTE PUNTA ARENAS
 PLANO: _____

DETALLES DEL ELEMENTO INSPECCIONADO

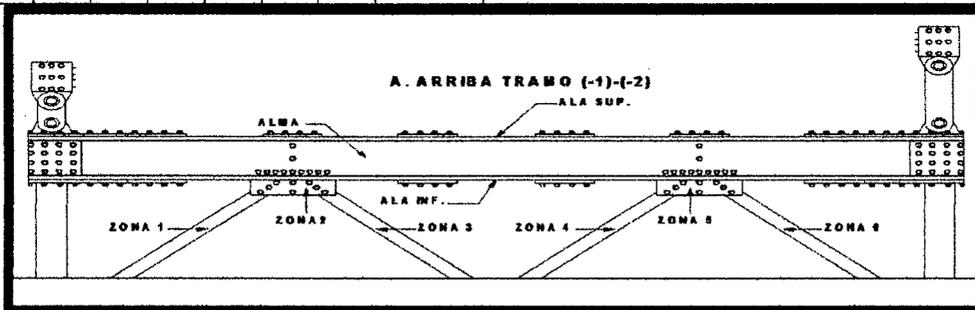
PUENTE: Punta Arenas TRAMO: Campanilla - Perlamayo KM : 06+441.93 LUZ DE PUENTE: 271 m. ANCHO DE VIA: 7.20 m.	SIST. ESTRUCTURAL : Puente de 02 Tramos SUPERESTRUCTURA : Arriostre de acero colgante (220.20 m.) Reticulado (50.80 m.) SUBESTRUCTURA : 02 Estribos+02 Camaras de Anclaje 01Pilar	MATERIAL : ASTM A-36 ALINEAMIENTO : Recto UBICACION : Prov. Mariscal Cáceres – San. Martín
--	--	--

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

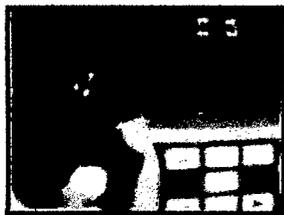
EQUIPO : GE. INSPECTION TECHNOLOGIES MODELO : DM5 E DL SERIE : 001055 PATRON : Tipo Escalera	PALPADOR : D-560 (Dual Haz Recto) FRECUENCIA : 5 MHz ACOPLANTE : Gel
---	---

CODIGO DE PROCEDIMIENTO: ASTM A-435 **CODIGO DE EVALUACION:** ASTM A-435

ZONA	REFERENCIA DE MEDICION (mm)							OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO	
ALA SUP.	15.41	15.21	15.42	15.75	15.41	15.67	15.48	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALA INF.	15.39	15.35	15.46	15.38	15.59	15.31	15.41	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ALMA	13.12	13.32	13.51	13.21	13.14	13.36	13.28	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 1	10.41	10.52	10.63	10.36	10.25	10.14	10.39	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 2	13.75	13.53	13.51	13.14	13.36	13.27	13.42	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 3	10.39	10.28	10.45	10.47	10.67	10.39	10.44	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 4	10.41	10.34	10.15	11.18	10.17	10.08	10.39	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 5	13.25	13.13	13.15	13.41	13.44	13.08	13.24	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION
ZONA 6	11.00	10.17	10.25	10.41	10.31	10.14	10.38	LOS ESPESORES REGISTRADOS ESTAN DENTRO LOS NIVELES DE ACEPTACION



DETALLES DE LA INSPECCION



PRESENCIA DE CORROSION A LO LARGO DE TODA EL ALMA



REGISTRO DE ESPESOR EN EL ALMA DEL CANAL

Inspector: Ing. Omar Elías M.
Nivel : II-SNT-TC-1A
Firma:

Aprobado por: Ing. Jaime Chávez Echevarría.
Firma:

ANEXO N° 04

GRADO DE OXIDACION EN EL ACERO PINTADO

ZONA DE INSPECCION : PUENTE PUNTA ARENAS

ANTECEDENTES:

A solicitud de CONSORCIO VIAL JUANJUI se realizó la Inspección en el Puente Punta Arenas, con el objetivo de evaluar el grado de oxidación en las superficies de acero pintado.

Debemos de indicar que esta prueba se tomó como referencia las zonas más afectadas por la corrosión.

INSPECCIONES REALIZADAS:

Evaluación del grado de oxidación en el ACERO PINTADO.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

- SSPC-VIS 2/ASTM D 610 Método Estándar de Evaluación de los grados de oxidación sobre el acero pintado.
- ASTM Adjunct/SSPC: The Society for Protective Coatings.

SIGNIFICADO Y USO:

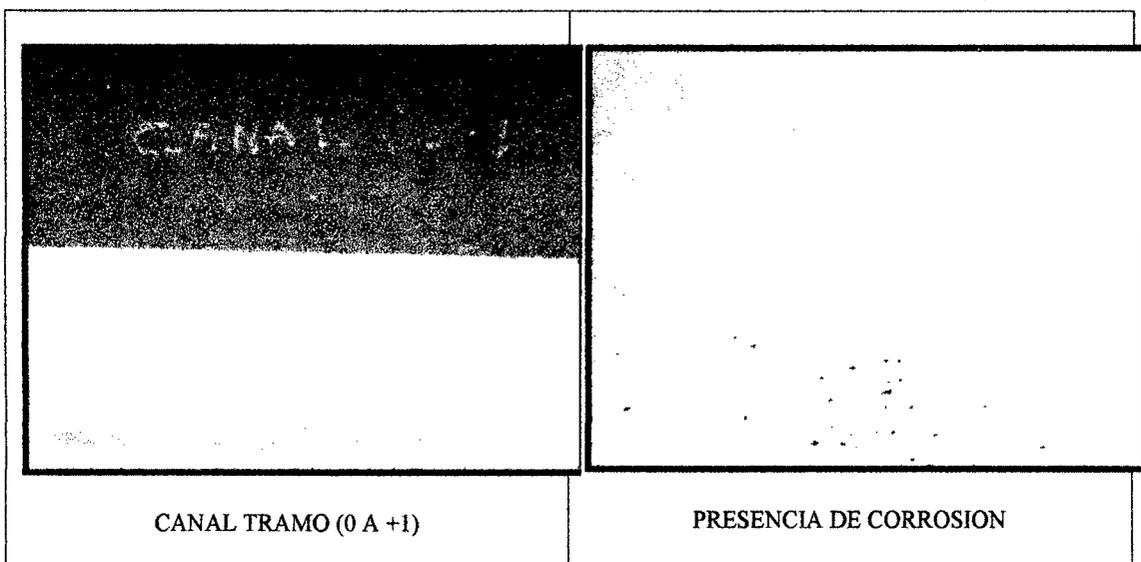
- El importe de la oxidación por debajo o a través de una película de pintura es un factor importante para determinar si un sistema de recubrimiento debe ser reparado o reemplazado. Este método de ensayo proporciona un medio estandarizado para cuantificar la cantidad y distribución del óxido en la superficie visible.
- El grado de oxidación se evaluó mediante un cero a diez; escala basada en el porcentaje de óxido de la superficie visible.
- La distribución del óxido es clasificado como: oxido del tipo Spot (selección al azar), oxido del tipo generalizado y oxido del tipo Pinpoint (Localizado).

RESULTADOS:

Para evaluar nuestro grado de oxidación tomamos como muestra las columnas del Puente Punta Arenas, lo cual representa las zonas más afectadas.

Se realizó la inspección de la viga o pieza detectándose que el elemento mostro una **corrosión inicial de grado G3** antes de la aplicación de recubrimiento esto cuando el material se encontraba en proceso de fabricación o materia prima (se determina este grado de corrosión basado en la norma de inspección visual **SSPC VIS-1**).

**PANEL FOTOGRAFICO TRAMO DE [0 A (+1)]
(AREA EVALUADA)**





**EVALUACION DEL GRADO DE CORROSION
(SSPC VIS-1).**



G₃ SP 7



G₃ SP 14

ANEXO N° 05
MANTENIMIENTO FUTURO DEL
PUENTE PUNTA ARENAS Y ACCESOS

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANTENIMIENTO FUTURO DEL

PUENTE PUNTA ARENAS Y ACCESOS

Generalidades

El Puente Punta Arenas forma parte de nuestras infraestructuras, patrimonio público con un enorme valor estratégico y económico. El Puente Punta Arenas, al igual que el resto de obras públicas o de edificaciones sufre un envejecimiento progresivo y se han tenido que adaptar a unas necesidades crecientes de tráfico y cargas. En países como el nuestro, que dispone de escasos recursos económicos, se producen con cierta frecuencia colapsos de puentes ante el paso de camiones muy pesados por carreteras que adolecen de un nulo o reducido programa de mantenimiento. En las últimas décadas, se advierte una preocupación y toma plena de conciencia por conservar y mantener acertadamente las infraestructuras públicas. Los fallos estructurales de puentes que han ocurrido en nuestro país, se han debido al efecto socavación - arrastre de materiales del cauce del río, tras producirse una avenida de magnitud totalmente extraordinaria, como las producidas por el "Fenómeno del Niño".

El modo adecuado y efectivo de mantener los puentes en un correcto estado es prevenir, realizando trabajos de inspección y mantenimiento continuados. Las distintas administraciones públicas deben llevar a cabo un seguimiento sistemático de los puentes que gestionan, realizando inspecciones periódicas – aproximadamente cada dos años – que permiten conocer el estado de los puentes y preparar las tareas de conservación, reparación y, si fuera preciso, de refuerzo estructural. Asimismo deben incorporarse sistemas informáticos avanzados para el mantenimiento de los puentes, lo que permitiría conocer el estado de los puentes y planificar adecuadamente los trabajos de conservación, gestionando de un modo eficaz los recursos disponibles.

Frecuencia de las inspecciones

El puente debe ser inspeccionado por personal calificado a intervalos regulares que no excedan de dos años. La frecuencia con que se realizan dichas inspecciones al igual de su grado de dificultad dependerá de factores tales como su edad, la composición del tránsito, su estado de conservación y las fallas detectadas o conocidas. La evaluación de estos factores será de la competencia de la persona encargada del programa de inspección.

Mantenimiento Futuro del Puente y Accesos

Comprende las actividades de mantenimiento rutinario y otras actividades de mantenimiento preventivo que serán efectuadas al puente y los accesos, durante un periodo de 10 años, en el que se incluyen actividades ordinarias, las cuales son fundamentalmente hechas a mano y con equipos en muchos de los casos, siendo el resumen como sigue:

Mantenimiento del Puente

En el mantenimiento del puente, se está considerando las siguientes partidas:

Pintura. En la pintura se está considerando la pintura de la estructura metálica y pintura sobre el pavimento, en aquellas zonas que se encuentren moderadamente deterioradas por el tiempo o por la aparición de procesos corrosivos, siendo muy importante la detección de estos procesos corrosivos. Se deberá considerar el mantenimiento y reposición de las señalizaciones verticales.

Concreto. En el concreto para el puente se está considerando algunas protecciones en los estribos, cámaras de anclaje y algunos resanes estructurales, como el sellado de grietas y fisuras.

Asfalto. Se considera el asfalto sobre la losa del puente, mediante el sistema de bacheos superficiales, los cuales son ocasionados por derrames de lubricantes sobre la superficie o por fuertes impactos sobre el pavimento, generando huecos en la plataforma de rodadura, los cuales deben ser subsanados.

Limpieza. Se considera un programa permanente de limpieza para toda la estructura, en lo que corresponde a infraestructura y superestructura, incluyendo los estribos básicamente, pues son los elementos que estarán en contacto directo con el suelo, sobre el que existe una flora muy diversa que se desarrolla rápidamente.

Mantenimiento Accesos

En el mantenimiento de los accesos, se está considerando las siguientes partidas:

Terraplenes. En terraplenes se está considerando la restitución de los taludes de corte, a lo largo de todos los accesos, que como es común en zonas de selva alta, son ocasionados por las lluvias intensas.

Limpieza. Se considerará un programa permanente de limpieza de todos los accesos, correspondiendo la limpieza de la vegetación en el derecho de vía y cunetas, las que mayor incidencia tiene en el programa y se harán periódicamente durante el lapso del mantenimiento indicado.

Presupuesto de Mantenimiento

Según lo considerado anteriormente, se han tenido en cuenta las actividades, que son comunes en los mantenimientos, los cuales implican la ejecución de trabajos que sirven para restablecer la condición inicial de la estructura.

ANEXO N° 06
PLANOS PUENTE PUNTA ARENAS