

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS LIVIANAS"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

LATORRE DELGADO, Edwar Omar

ASESOR:

ING. MENDOZA LINARES Marcos

CAJAMARCA - PERÚ

-2015 -

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con mucho cariño y agradecimiento a Dios por las bendiciones que siempre me ha dado. A mis padres, Apolinar Latorre Torres y María Elcira Delgado Vega que son para mí ejemplos de sencillez, perseverancia y por siempre apoyarme moralmente y económicamente. A mi Hermano y amigo Latorre Delgado Carlos Alberto por el apoyo mutuo que siempre nos brindamos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil que formaron mi carrera profesional.

De manera especial al Ing. Marcos Mendoza Linares, asesor de esta tesis, quien con su experiencia profesional guio la elaboración de este trabajo de investigación.

A Milagros por comprenderme y apoyarme durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

A todas las personas quienes colaboraron de diferentes maneras para la elaboración de este trabajo de investigación.

Omar

INDICE

Título: “ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS LIVIANAS”

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.	1
A.CONTEXTO	1
B.PROBLEMA	2
a. Planteamiento del problema.....	2
b. Formulación del problema.....	2
C. HIPÓTESIS	2
a. Hipótesis general.....	2
b. Hipótesis específicas.....	2
D. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
E. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	2
F. OBJETIVOS	3
a Objetivo general.....	3
b Objetivo específico	3
G. DESCRIPCION DE LOS CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS	3
a. Capítulo I	3
b. Capítulo II	3
c. Capítulo III	3
d. Capítulo IV.....	3
e. Capítulo V.....	4

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
A. COLAPSO DE ESTRUCTURAS DE GALPONES DURANTE TORMENTAS SEVERAS ..	5
B. COLAPSO DEL PUENTE QUEBEC	7
C. COLAPSO DEL HARTFORD CIVIC CENTER	8
D. COLAPSO DE LA CUBIERTA METÁLICA DE UN POLIDEPORTIVO	9
BASES TEÓRICAS	10
ACERO ESTRUCTURAL	10
A. DEFINICIÓN	10
B. RESEÑA HISTÓRICA DEL ACERO	10
C. PROPIEDADES	13
a. Propiedades mecánicas	13
b. Soldabilidad	15
c. Propiedades térmicas.....	15
d. Propiedades químicas	16
D. TIPOS DE ACERO ESTRUCTURAL	16
a. Tipos de acero de acuerdo a sus secciones geométricas	16
b. Tipo de acero según ASTM (sociedad americana para las pruebas de materiales el acero estructural se clasifica.....	20
E. ESTRUCTURAS METÁLICAS	21
a. Definición	21
F. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ESTRUCTURA DE ACERO	22
a. Ventajas de la estructura de acero.....	22
b. Desventajas de la estructura de acero	23
G. DEFINICIÓN DE PATOLOGÍA DE ESTRUCTURA EN GENERAL	23
H. ORIGEN, CAUSAS, RIESGOS Y SOLUCIONES A LAS PATOLOGÍAS	24
ASPECTOS GENERALES	24
a. Definición de la causa	24
b. Lesiones.....	24

c. Niveles de riesgo	26
I. ESTUDIO PATOLÓGICO	27
a. Definición	27
b. Proceso para un estudio patológico	27
J. PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS LIVIANAS	34
a. Corrosión.....	34
b. Deformabilidad y dilatación térmica	40
c. Abolladura del alma.....	41
d. Alabeos	42
e. Pandeo.....	43
f. Desnivelaciones en cabeza de columnas y flexión de elementos horizontales.....	44
g. Rotura por fatiga	44
h. Desgarro laminar	45
i. Falla en uniones	46
K. SISTEMAS DE DIAGNOSIS DE LAS PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS LIVIANAS DE ACERO	64
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	64
a. Técnicas de inspección superficial.....	64
b. Técnicas de inspección volumétricas.....	73
ENSAYOS DESTRUCTIVOS	78
a. Ensayo de tracción	78
b. Ensayo de dureza	78
c. Ensayo de impacto	78
DIAGNOSTICO DE LAS CAUSAS DE LAS FALLAS YA PRODUCIDAS DE CORROSIÓN	79
a. Identificación del tipo de fallo por examen visual y documentado.....	79
b. Determinación del producto de corrosión mediante técnicas de análisis.....	79
c. Identificación del material	80

d. Valoración del medio	80
e. Análisis de los factores ambientales	80
f. Ensayos para el diagnóstico de corrosión.....	81
I. TRATAMIENTO	82
a. Trabajo previo.....	84
b. Protección interna	85
c. Protección externa.....	86
d. Eliminación de agentes.....	90
e. Refuerzo de la estructura.....	91
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.	98
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL TECHO DEL COLISEO MULTIUSOS DE CAJAMARCA.....	98
A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.....	98
B. PROCESO PARA UN ESTUDIO PATOLOGICO	98
a. Plan de evaluación del estado actual de la estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.....	98
b. Observación	107
c. Toma de datos.	108
CAPITULO IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	115
A. ANALISIS DEL PROCESO	115
B. DIAGNOSTICO	126
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	132
A. CONCLUSIONES	132
B. RECOMENDACIONES	133
CAPITULO VI. APORTE	134
A. PLAN DE ACTUACIÓN	134
a. Alineamiento de las cartelas en los anclajes de las vigas tipo c ubicadas sobre los arcos principales.....	134
b. Reparaciones e instalación de arriostres	134

c. Reparación e instalación de templadores	135
d. Uniformizar el alineamiento horizontal y vertical de las vigas c en que se soportan la cobertura	136
e. Verificación, mantenimiento de pernos y tuercas libre de corrosión.....	136
f. Corregir la separación entre extremos de las vigas en c.....	137
g. Realizar el pintado de estructura (Repintado).....	137
h. Uniformizar los orificios de los 24 apoyos de rotula de acuerdo a los planos.....	139
i. Uniformizar soldadura, alineamiento horizontal y vertical de los encuentros de los 4 anillos concéntricos	139
j. uniformizar las distancias de los pernos completar tuercas y arandelas aplicando el toque especificado	139

REFERENCIAS	140
-------------------	-----

ANEXOS	141
--------------	-----

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 1. Normativa Sobre Los Ensayos De Corrosión.....	81
--	----

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Figura 1. Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas	6
Figura 2. El puente Quebec justo antes de colapsar por pandeo de barras	7
Figura 3. Colapso del polideportivo Hartfor Civic Center	8
Figura 4. Colapso del polideportivo en la provincia de Gerona.	9
Figura 5. Puente Shropshire sobre el río Severn, en Coalbridge, Gran Bretaña.....	11
Figura 6. La Torre Eiffel	12
Figura 7. Puente María Pía sobre el Río Duero (1875).	13
Figura 8. Diagrama de esfuerzo de formación de un acero estructural	14
Figura 9. Tipo de secciones transversales de acero.	17
Figura 10. Angulo de acero.	18
Figura 11. Acero laminado en caliente de sección en forma de T.	18

Figura 12. Canal de acero estructural.....	19
Figura 13. Perfil que tiene la sección en forma de H.....	19
Figura 14. Acero laminado en caliente de sección en forma de tubo cuadrado.....	20
Figura 15. Corrosión química.....	35
Figura 16. Corrosión electroquímica.....	36
Figura 17. Se observa la vista tridimensional del diseño de cordones de soldadura para minimizar el riesgo de corrosión.....	38
Figura 18. Se observa la vista en planta la continuidad de cordones de soldadura para minimizar el riesgo de corrosión.....	39
Figura 19. Se observa algunas formas geométricas de elementos de acero para evitar el riesgo de corrosión.....	39
Figura 20. Flecha en una vigas.....	40
Figura 21. Se observa que el elemento sufre abolladura, es decir, se deforma normalmente a su plano, lo que reduce la sollicitación de agotamiento.....	42
Figura 22. Se observa elemento sufre un alabeo.....	43
Figura 23. Pandeo localizado en columnas y arcos.....	44
Figura 24. Colapso de estructura por desgarro laminar.....	46
Figura 25. Soldadura porosa.....	47
Figura 26. Penetración incompleta.....	48
Figura 27. Soldadura agrietada.....	50
Figura 28. Tipo de discontinuidades en la soldadura.....	51
Figura 29. Falla de perno por ductilidad de tensión.....	53
Figura 30. Falla de perno por dúctil a flexión.....	54
Figura 31. Falla de perno por dúctil por desgarre.....	54
Figura 32. Falla de perno frágil por tensión.....	55
Figura 33. Falla de perno frágil a flexión.....	56
Figura 34. Falla de perno combinación tensión-torsión.....	56
Figura 35. Falla de perno por fatiga a tensión.....	57
Figura 36. Falla de perno a flexión.....	58
Figura 37. Deformación de perno a tensión.....	58

Figura 38. Ludimiento	59
Figura 39. Ludimiento en roscas.	60
Figura 40. Corrosión generalizada.....	61
Figura 41. Corrosión por picadura.....	61
Figura 42. Barrido de rosca.	62
Figura 43. Desgaste del perfil de rosca.....	63
Figura 44. Barrido de rosca en tuerca.....	63
Figura 45. Desgaste del perfil de rosca.....	64
Figura 46. Ilustra el principio de inspección por líquidos penetrantes	67
Figura 47. Diagrama de flujo del ensayo de líquidos penetrantes	70
Figura 48. Yugo magnético, rociador de partículas magnéticas, medidor de campo residual Y placa metálica soldada para el ensayo	72
Figura 49. Aplicación del método de radiografía que nos permite obtener una visión de la condición interna de los materiales.....	74
Figura 50. Sistema de ensayo por ultra sonido	76
Figura 51. Esquema funcional de tratamiento	83
Figura 52. Colocación de plata banda.....	92
Figura 53. Cabeza de compresión.....	92
Figura 54. Solución a solicitaciones a cortantes	93
Figura 55. Aumento de canto mediante un perfil T.....	94

CAPITULO III

Figura 1. Coliseo multiuso de Cajamarca.....	108
Figura 2. Vista tridimensional del techo del Coliseo Multiusos diseñado en el AutoCad.....	110
Figura 3. Viga tubular rectangular del anillo central de planchas de acero A-36.....	111
Figura 4. Detalle del anclaje de las Vigas c sobre el arco.	112
Figura 5. Vista en perfil de un arco completo hasta la llegada al anillo central.....	112

Figura 6. Parte superior de las armaduras de arco. Se observa la conexión con la anillo de compresión y los elementos que lo conforman.....113

Figura 7. Esquema del apoyo colocado sobre la armadura, a la vez este transmite carga a los dados de concreto.113

CAPITULO VI

Figura 1. Detalle de uniones de arriostres.....135

Figura 2. Detalle de templadores136

Figura 3. Detalle de la separación de extremos de las vigas en c137

INDICE DE ANEXOS.

ANEXO -I. Evaluación Y Chequeo Del Diseño Estructural De La Estructura Metálica Del Techo Coliseo Multiusos De Cajamarca.....142

ANEXO II. Panel fotográfico.178

ANEXO III. Plano mapa de fallas.191

RESUMEN.

Se dio a conocer que las lesiones en estructuras metálicas livianas son problemas que se puede presentar en una obra, nueva o antigua, incluso a veces sin concluir.

Estas lesiones se ven originadas especialmente por la acción del clima caluroso y húmedo de nuestro país, por mal diseño, por fallas estructurales, por fallas en el cálculo, por imprevisiones de tiempo, por falta de organización de obra, por mala calidad de la mano de obra, por desconocimiento de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar, por técnicas constructivas inadecuadas con materiales de mala calidad, etc.

Por lo cual el problema fue determinar, como afectan las lesiones a las estructuras metálicas livianas, y el objetivo fue analizar, diagnosticarlas y darles solución a las lesiones de las estructuras metálicas livianas.

En este trabajo de investigación se describió paso a paso el proceso llevado a cabo en el “Análisis De Patologías En Estructuras Metálicas Livianas” tal como: plan de actuación, observación, toma de datos, análisis, diagnóstico y su solución de las lesiones.

Se seleccionó una estructura metálica representativa de la ciudad de Cajamarca y se analizó, se diagnosticó y se dio solución a las fallas de la estructura metálica liviana del techo del coliseo multiuso de Cajamarca.

Palabras Claves. Estructuras metálicas, patología, causas, diagnostico, solución.

ABSTRACT.

It became known that lesions in light metal structures are problems that can occur in a work, new or old, sometimes unfinished.

These injuries are caused especially by the action of the hot and humid climate of our country, poor design, structural failures, failures in the calculation, foresight of time, lack of organization of work, bad quality of the labor force, due to ignorance of the technical specifications of the materials used for improper construction techniques with inferior materials, etc.

Therefore the problem was to determine, as injuries affect the light metal structures, and the objective was to analyze, diagnose and find solutions to injuries from lightweight metal structures.

In this research work described happened step process carried out in the "Analysis Pathologies In Steel Structures Lightweight" as: plan of action, observation, data collection, analysis, diagnosis and resolution of lesions.

A representative metal structure of the city of Cajamarca was selected and analyzed, diagnosed and solution to the shortcomings of the lightweight metal roof structure multipurpose arena of Cajamarca was given.

Key Words. Steel structures, pathology, causes, diagnosis, solution.

CAPÍTULO

I

INTRODUCCIÓN

A. CONTEXTO.

En el Perú, existe una deficiente formación en el conocimiento en las ciencias de la ingeniería y en forma similar en la parte constructiva, existiendo estructuras diseñadas y/o construidas con unas serias deficiencias. En consecuencia, nos encontramos expuestos a sufrir daños parcial o total de las estructuras durante su tiempo de vida. Especialmente en las estructuras metálica livianas que muchas veces simplemente se construyen sin ninguna dirección técnica.

Es usual en Cajamarca construir sin ninguna dirección técnica originando deficiencias en el diseño y construcción, lo que genera una gran cantidad deficiencias en las obras, específicamente en lo que corresponde a techos con cobertura metálica, y no existe una información que nos ayude a identifica, diagnosticar y dar solución adecuada a estos problemas razón por la cual, que se ha seleccionado el presente trabajo de investigación “Análisis de patologías en estructuras metálicas livianas”, para tener un conocimiento de las causas más comunes que generan fallas en la estructuras metálicas livianas y la precaución necesaria para no cometer los mismos errores ,dar un diagnóstico adecuado y solución a las fallas que se presenten una estructura metálica.

B. PROBLEMA.

a) Planteamiento del Problema.

Existen errores comunes en la construcción de estructuras metálicas que inicia con su diseño y construcción por parte de personas no capacitadas, la mayoría de problemas son recurrentes, ya se han producido anteriormente, y pese a ello, no se ha sabido transmitir las enseñanzas de esas tipologías de daños, y vuelven a repetirse.

b) Formulación del Problema.

Cuáles son las causas de las patologías más comunes en estructuras metálicas livianas –Estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

C. HIPÓTESIS.

a) Hipótesis general.

Las causas de las patologías que presentan las estructuras metálicas livianas son indirectas –Estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

b) Hipótesis específica.

Las patologías que presentan las estructuras metálicas livianas son severas – Estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

D. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El 75 % de las patologías (enfermedades) en las estructuras metálicas son por fallas humanas debido a una falta de conocimiento de cual son las causas que generan estas enfermedades más comunes en dichas estructuras, en esta tesis busca capacitar a los involucrados para dar un adecuado análisis y diagnóstico correctamente de las enfermedades que presentan dichas estructuras y dar la solución adecuada para prolongar la vida útil y buen funcionamiento de dicha estructura.

E. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se orienta hacia la comunidad científica por existir información insuficiente sobre este tema y también a los actores de la construcción civil, tales como: empresas de construcción de estructuras

metálicas, diseño en soldadura, montajistas, soldadores, residentes de obras, supervisores, etc.

F. OBJETIVOS.

a) Objetivo general.

Analizar las patologías en estructuras metálicas livianas –Estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

b) Objetivo Específico.

Diagnosticar las patologías que afectan el comportamiento en estructuras metálicas livianas – Estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

G. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

a) Capítulo I.

En este capítulo se comenta el contexto, el planteamiento del problema, hipótesis, justificación, alcances y objetivos del tema de investigación “Análisis De Patologías En Estructuras Metálicas Livianas”

b) Capítulo II

Antecedentes históricos de la investigación.

Se describe a manera del estado del arte las investigaciones sobre el tema “Análisis De Patologías En Estructuras Metálicas Livianas” y los resultados y conclusiones a las que han llegado.

Base teórica

Se expone los fundamentos teóricos que sirve de base para la investigación de “Análisis De Patologías En Estructuras Metálicas Livianas”

c) Capítulo III.

Se realiza la ubicación geográfica donde se realizó la investigación de una manera precisa y clara.

Se describe paso a paso el proceso llevado a cabo en “Análisis De Patologías En La Estructuras Metálicas Livianas Del Techo Coliseo Multiuso De Cajamarca”.

d) Capítulo IV

Del análisis de datos y diagnóstico a las fallas encontradas en la estructura metálica del techo del coliseo multiuso de Cajamarca lo cual se describe en dicho capítulo.

e) Capítulo V

Para cada objetivo se da las conclusiones, derivado de los resultados y recomendaciones para poder ampliar los conocimientos en el estudio de patologías en estructuras metálicas livianas.

CAPÍTULO

II.

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación se dará a conocer el estudio de fallas de algunas estructuras metálicas livianas.

A. COLAPSO DE ESTRUCTURAS DE GALPONES DURANTE TORMENTAS SEVERAS. (Gustavo C. Balbastro y Victorio E. Sonzogni, 2008, Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas, Rev.int. De desastres naturales, accidentes e infraestructuras civiles, Vol.8 (1), 37 P)

- a) **Reflexión.** En varias ocasiones, tormentas que se desarrollaron sobre la región central de la República Argentina han producido daños de variada magnitud en estructuras livianas, particularmente galpones y silos. La magnitud de los daños va desde el arrancamiento de algunas chapas de la cubierta hasta la destrucción total de las mismas. En este trabajo se analizan algunas causas de daños observados a consecuencia de una tormenta particularmente significativa.
- b) **Conclusiones.** Se determinó que hay errores comunes en la construcción de este tipo de estructuras, que inician con su diseño y construcción por parte de personas no capacitadas, que repiten o adaptan planteos estructurales, secciones de elementos, detalles constructivos, etc., sin justificación racional en base al conocimiento. Esto se ve facilitado por una falta crónica de control por parte de las autoridades correspondientes y por el desconocimiento, por parte de los propietarios, sobre la necesidad de intervención profesional. Esta combinación de falta de control del Estado y ausencia de responsabilidad profesional deja librado el diseño y construcción de estas estructuras al ahorro de materiales como único criterio, lo que queda notoriamente evidenciado en el exiguo tamaño de las fundaciones, en las secciones empleadas, en la ausencia de

arandelas, contravientos, etc. Más aun, genera una situación en la cual le resulta casi imposible competir a quien desea proceder en forma correcta, contratando un profesional, aplicando normas de diseño, etc.

El contexto en el que se desarrollan estas construcciones no parece sencillo de modificar por razones que exceden el alcance de este trabajo, pero una posible solución para evitar la repetición de errores y colapsos es la elaboración y difusión de guías de buenas prácticas de construcción sencillas y claras que abarquen las dimensiones más comunes de galpones, para su uso por parte de los constructores artesanales o pequeñas fábricas de galpones. La existencia de estas guías debería también ser conocida por los potenciales propietarios de estas construcciones, para que exijan su aplicación a los constructores.

Las estructuras de mayores dimensiones deberían ser diseñadas y supervisadas por especialistas y el control por parte de los organismos competentes debería estar presente, ya que este tipo de eventos genera siempre reclamos hacia el Estado, los cuales han sido atendidos mediante indemnizaciones generalizadas, las cuales se habrían evitado si se hubieran dado los pasos necesarios de intervención profesional responsable y control por parte de la autoridad competente.

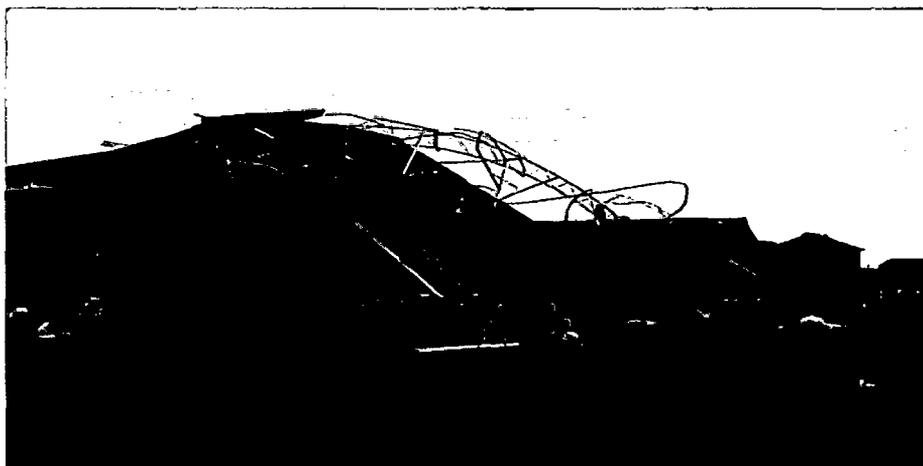


Figura 1. Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas. (Gustavo C. Balbastro y Victorio E.Sonzogni, 2008, Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas, Rev.int. De desastres naturales, accidentes e infraestructuras civiles, Vol.8 (1), 37 P)

B. Colapso del Puentes de Quebec. (Referencia, Revista ALCONPAT, Enero-Abril 2012).

La falla en el puente se produjo por primera vez en 1907. Estaba en las etapas finales de la construcción cuando comenzaron a notar distorsiones e inclinaciones cada vez mayores en los principales elementos estructurales. Después de 4 años de construcción, el brazo sur y parte de la sección central del puente se derrumbo en el río San Lorenzo, en tan solo 15 segundos, las fallas en puentes dio un saldo de 75 trabajadores muertos.

La causa principal del colapso fuer el pandeo de la barra comprimida (curva) junto a los pilares del puente

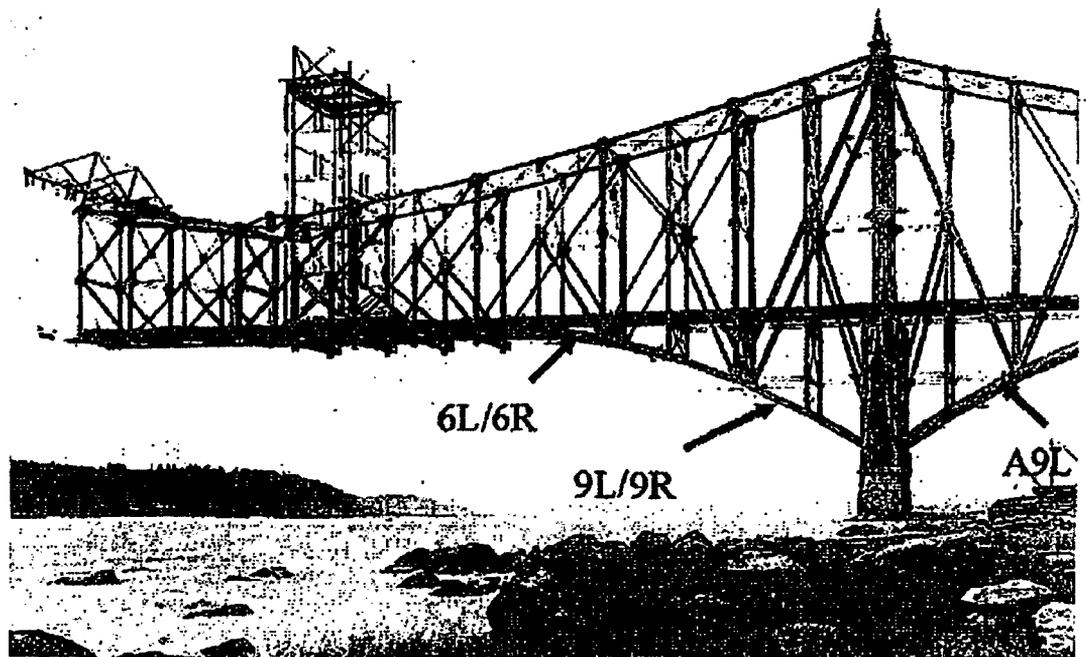


Figura 2. El puente de Quebec justo antes de colapsar por el pandeo de la barra A9L. (Referencia, Revista ALCONPAT, Enero-Abril 2012).

El segundo colapso se produjo el 11 de septiembre de 1916, en la reconstrucción de dicho puente. Esta vez colapso la parte central, como se puede observar en la fotografía, ocasionando 13 víctimas fatales.

Se creó una comisión de investigación para determinar los problemas de las fallas en puentes que ocasiono el colapso de la estructura en la reconstrucción.

Las investigaciones realizadas sobre las fallas en puentes arrojo como resultado una mala planificación en la elevación del tramo central. La elevación del tramo central no se realizó de manera uniforme lo que ocasiono una elevada inclinación y por ello la perdida de estabilidad de la pieza, sumado al elevado peso y al viento que se tenía en el izado de la pieza dio como resultado que el tramo rote sobre el eje longitudinal del puente y luego colapsara.

Para cada diseño de puente y su función estructural deben de planificarse el modo de ejecución de tareas, planificación de la construcción, y además lo que no es referente a la construcción pero que si afectan a la obra en si, como el viendo, las crecidas del río, etc. de modo que no se presenten este tipo fallas en puentes en nuestro proyecto.

C. COLAPSO DEL HARTFORD CIVIC CENTER.

El contrato era de un ayuntamiento que quería algo singular e impactante. Celosía metálica tridimensional de 50 x 100 m. Se montó en el suelo y se levantó con gatos. El diseño de los nudos, no se correspondía con el modelo numérico. La geometría final no era la del modelo. Se construyó en 1974 y colapsó en 1978, cuatro años después Colapsó tras una fuerte nevada. La causa principal fue el pandeo local de una barra que dio lugar al global de la estructura.

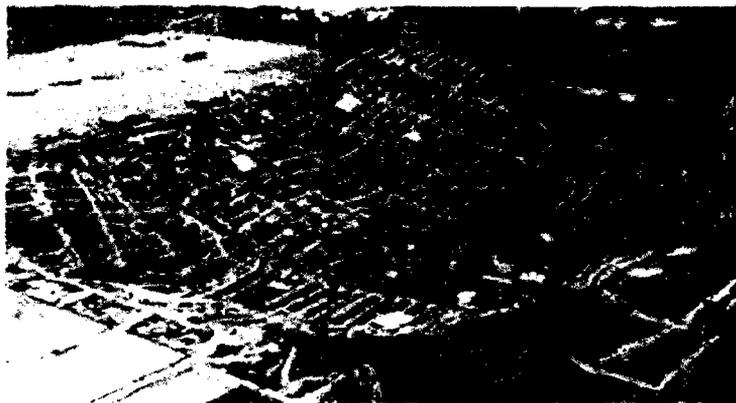


Figura 3. Colapso del polideportivo Hartford Civic Center.(Referencia, Revista ALCONPAT, Enero-Abril 2012).

D. COLAPSO DE LA CUBIERTA METÁLICA DE UN POLIDEPORTIVO; PATOLOGÍAS SINGULARES Y RECURRENTE.S. PROVINCIA DE GERONA, ESPAÑA. (Revista ALCONPAT, Enero-Abril 2012).

- a) **Reflexión.** En ocasiones se producen patologías que aun siendo singulares como es el caso que se presenta, ya se han producido anteriormente, y pese a ello, no se ha sabido transmitir las enseñanzas de esas tipologías de daños, y vuelven a repetirse. Se quiere hacer resaltar que los estudios de daños han de servir para implementar en la normativa los requerimientos necesarios para alejarnos de situaciones de riesgo.

Se presenta el colapso de una cubierta espacial metálica con barras de acero inoxidable de sección circular con uniones simplemente ensambladas en sus extremos en una barra que hace las veces de nudo, ver figura 4.

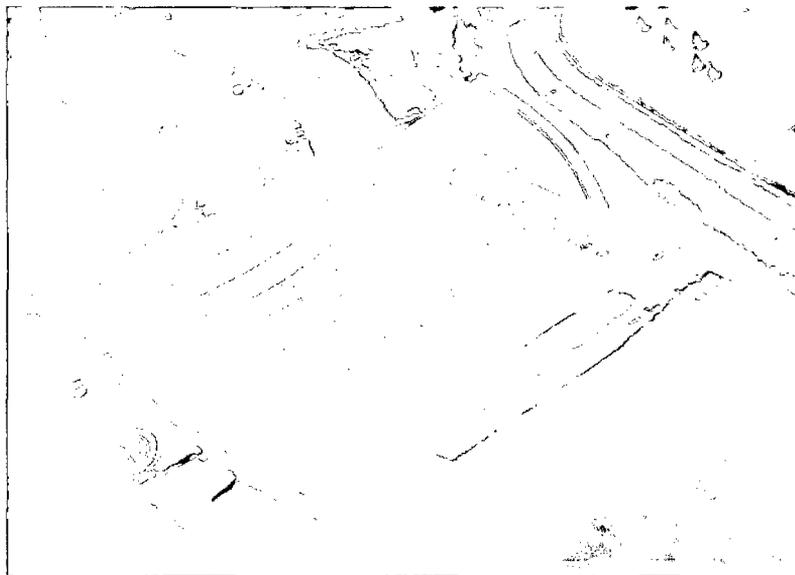


Figura 4. Colapso del polideportivo en la provincia de Gerona. (Referencia, Revista ALCONPAT, Enero-Abril 2012).

- b. **Conclusiones.** La causa del colapso de la cubierta espacial metálica del Polideportivo es similar a la que se produjo 30 años atrás en el Hartford Civic Center de Connecticut, el pandeo local de una barra que trae consigo el pandeo global de la estructura, y similar a su vez a la que se produjo a principios de siglo pasado en el puente de Quebec.

Hay que aprender de las situaciones similares en especial cuando éstas han sobrepasado situaciones de riesgo admisibles llegando al colapso.

BASES TEÓRICAS.

ACERO ESTRUCTURAL.

A. DEFINICIÓN.

El acero estructural se define como el producto resultante de la aleación de hierro, carbono (0.05% a 1.7%) y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno. Siendo el carbono uno de los principales elementos químicos que influye considerablemente en sus características y propiedades.

B. RESEÑA HISTÓRICA DEL ACERO. (Referencia. Alacero, El hierro y el acero en la historia de la arquitectura, (en línea), consultado 30 de octubre del 2014, disponible en <http://www.arquitecturaenacero.org/historia>)

Aunque en la antigüedad fue usado eventual y accidentalmente como elemento de trabazón, el hierro no es usado como material propio de la construcción hasta el siglo XVII. Durante los períodos Gótico y el Renacimiento se le encuentra como material complementario de componentes de madera (clavos y herrajes hechos en forma manual) y en la construcción de algunas máquinas y herramientas que facilitaron tanto la elaboración como el montaje de los elementos y partes de las construcciones. El hierro fundido se usa en función de su alta resistencia a la compresión pero su escasa capacidad de tomar esfuerzos de flexión debido a su fragilidad, limitan su aplicación en elementos mayores en la arquitectura. En una segunda fase de su uso es en la sustitución de estructuras o partes sometidas a compresión, como el pilar y el arco. Un ejemplo del uso temprano de elementos aislados de hierro son las columnas que sostienen la campana de las cocinas del Monasterio de Santa María de Alcobaza, en Portugal, construidas en 1752. Comenta A. Montealegre que existen pocas excepciones a lo anterior, como “el uso que hace Vasari en los Ufizi para refuerzo en los pisos superiores, consiguiendo con ello un aligeramiento de la fachada y mayor transparencia e iluminación”. Por su parte, Claude Perrault y Charles Le Brun, utilizan refuerzos de hierro en la columnata del Louvre (1670). Ambos ejemplos ponen de manifiesto los atributos del material y los aportes que han representado el hierro y el acero a la arquitectura y la construcción hasta el presente.

Luego de un intento fallido de construir un puente en hierro sobre el Ródano en 1755, limitado por la imposibilidad de fundir piezas de las dimensiones requeridas, se construye el primer puente sobre el río Severn, en Coalbrookdale, Shropshire, Inglaterra, en 1775.



Figura 5. Puente Shropshire sobre el río Severn, en Coalbridge, Gran Bretaña.

(Referencia. Alacero, El hierro y el acero en la historia de la arquitectura, (en línea), consultado 30 de octubre del 2014, disponible en <http://www.arquitecturaenacero.org/historia>.

Las grandes exposiciones mundiales organizadas por los países europeos como muestra de su progreso y el poderío de su industria fueron un escenario propicio para la experimentación arquitectónica y constructiva en la que el hierro le cupo un protagonismo importante. “The Great Exhibition” de 1851 en Inglaterra es la oportunidad en que Sir Joseph Paxton, levanta en un tiempo récord de 6 meses el conocido “Cristal Palace”. Aunque no salva grandes luces (la nave principal era de 22.0m de ancho y una altura de 33.0m), el Cristal Palace está enteramente estructurado en marcos de columnas de hierro fundido y vigas reticuladas.

Francia no es ajena a estos esfuerzos que representan las grandes ferias y exposiciones. A la Exposición Universal de 1798 le siguen la de 1867 y la de 1878.

La última de la serie fue la de 1889, que es la oportunidad de dos obras señeras de la arquitectura y construcción en hierro del siglo XIX: la Torre Eiffel y la Galería de Máquinas.

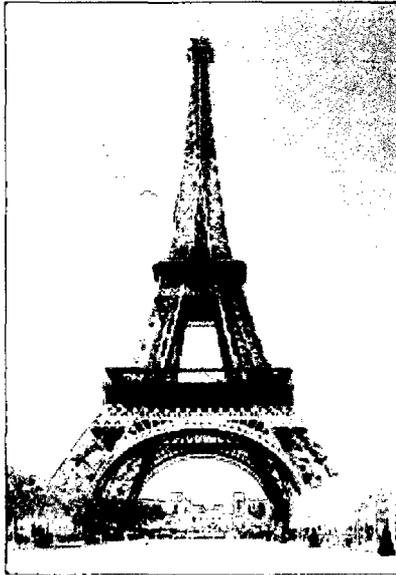


Figura 6. La Torre Eiffel. (Referencia. Alacero, El hierro y el acero en la historia de la arquitectura, (en línea), consultado 30 de octubre del 2014, disponible en <http://www.arquitecturaenacero.org/historia>).

Gustave Eiffel (1832-1923) fue un ingeniero de notable cuya importancia para el acero es innegable. A la conocida torre de 305m de altura, que exhibe orgullosa las posibilidades estéticas y estructurales del hierro, hoy convertida en símbolo de París aunque inicialmente muy resistida y criticada, hay que agregar una importante obra en puentes, entre los que destacan en Puente María Pía sobre el Río Duero (1875) y el Viaducto de Garabit (1880-1884).

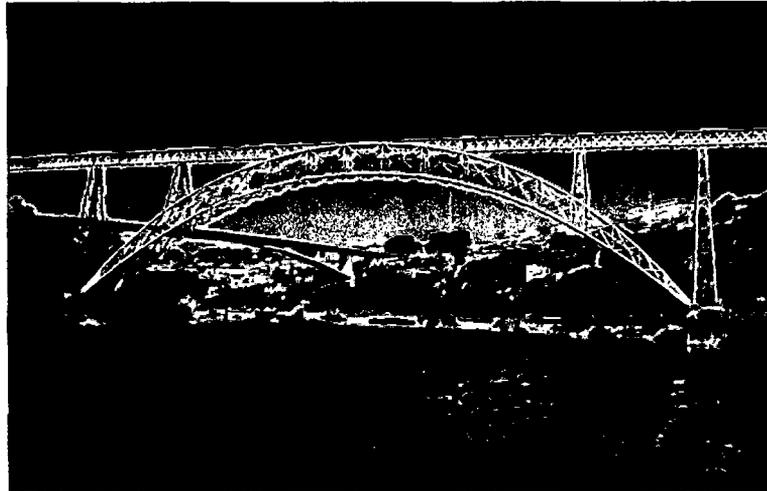


Figura 7. Puente María Pía sobre el Río Duero (1875). (Referencia. Alacero, El hierro y el acero en la historia de la arquitectura, (en línea), consultado 30 de octubre del 2014, disponible en <http://www.arquitecturaenacero.org/historia>).

C. PROPIEDADES.

a) Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de un material están referidas al reflejo de la relación entre la respuesta o deformación ante una fuerza aplicada.

El comportamiento estructural de cualquier tipo de material quedan claramente especificado en el diagrama esfuerzo deformación. Un diagrama típico esfuerzo-deformación de un acero estructural al carbono, se caracteriza por tener ciertas regiones identificadas claramente con un tipo de comportamiento del material antes de alcanzar la rotura (figura 8)

DIAGRAMA ESFUERZO –DEFORMACIÓN UNITARIA.

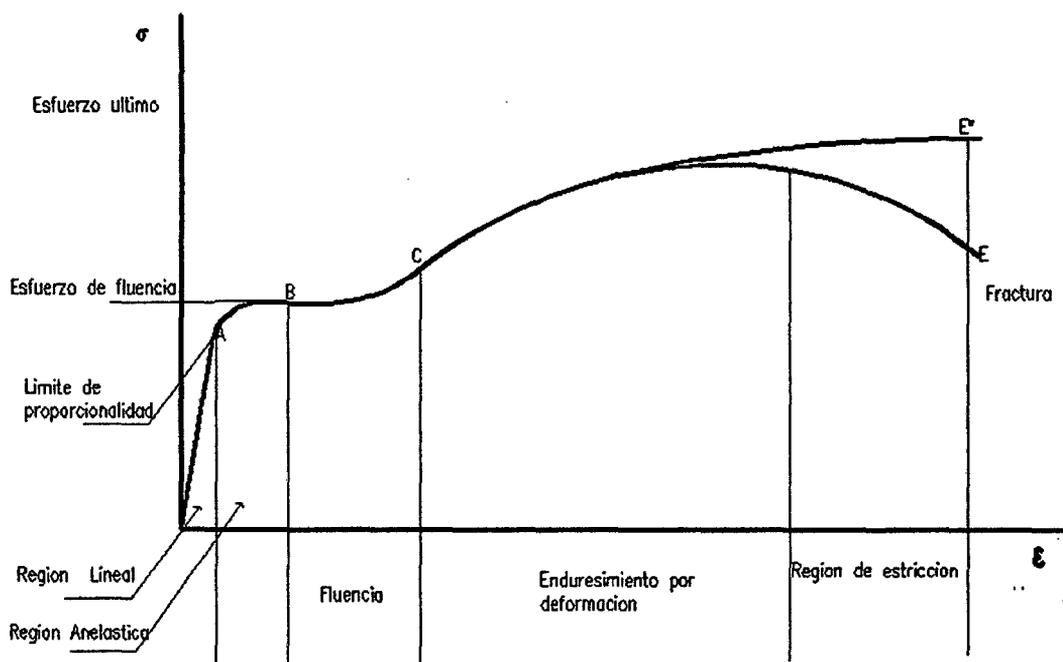


Figura 8. Diagrama de esfuerzo de formación de un acero estructural. (Referencia. Isaac Flores Gutiérrez, Apuntes del Curso de Diseño en Acero, Ing. Civil – UTFSM.12P).

Región lineal y elástica. Es una zona en la cual existe proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones unitarias, se dice que el comportamiento del material es lineal y elástico, es decir es aplicable la ley de Hooke:

$$F = E \epsilon$$

Región anelástica o de transición. En esta región se produce flujo plástico restringido, es decir, el acero conserva parte de sus propiedades elásticas. Las deformaciones aumentan más rápidamente para cada incremento del esfuerzo.

Región de flujo plástico o de fluencia. La curva esfuerzo-deformación se vuelve casi horizontal, produciéndose en el material una deformación considerable sin que se produzcan aumentos apreciables en el esfuerzo. El

material se comporta de manera plástica perfecta, lo que significa que se deforma sin incremento de la carga aplicada.

Región de endurecimiento por deformación. Después de sufrir deformaciones plásticas excesivas comienzan a producirse alteraciones en las propiedades del acero, lo que se traduce en un aumento de resistencia del material. Esto significa que una deformación adicional requiere de un incremento mayor de la carga aplicada.

Región de rotura o estricción. Al aumentar excesivamente la deformación se modifica el área de la sección transversal de la probeta, fenómeno que se conoce como estricción.

- i. **Resistencia.** La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.
 - ii. **Tenacidad.** Es la resistencia que opone material a ser roto, molido, doblado, desgarrado.
 - iii. **Ductilidad.** propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse, permitiendo obtener alambres o hilos de dicho material..
 - iv. **Maleable.** La maleabilidad es la propiedad de un material duro de adquirir una deformación acuosa mediante una descompresión sin romperse. A diferencia de la ductilidad, que permite la obtención de hilos, la maleabilidad favorece la obtención de delgadas láminas de material.
 - v. **Resistencia al desgaste.** Es la resistencia que ofrece un material a dejarse erosionar cuando está en contacto de fricción con otro material.
- b) **Soldabilidad.** La soldabilidad es la aptitud que tiene un metal o aleación para formar uniones soldadas con continuidades metalúrgicas.
- c) **Propiedades térmicas.**
- i. **Conductividad eléctrica.** Es la facilidad que presenta un material para dejar pasar a través de él la corriente eléctrica. Este fenómeno se produce por una diferencia de potencial entre los extremos del metal.
 - ii. **Conductividad térmica.** Es la facilidad que presenta un material para dejar pasar a través de él una cantidad de calor. El coeficiente de conductividad

térmica “k” nos da la cantidad de calor que pasaría a través de un determinado metal en función de su espesor y sección.

- iii. **Dilatación.** Es el aumento de las dimensiones de un metal al incrementarse la temperatura. No es uniforme ni sigue leyes determinadas.
- iv. **Resistencia al fuego del acero.** Es la resistencia al calor, en el cual, las propiedades mecánicas del acero no son las mismas a 20 °C (temperatura que se suele considerar de referencia para el diseño de estructuras de acero), que las que pueda tener a 200 °C, 400 °C ó a 1000 °C.

El acero a temperaturas mayores a 550° se vuelve vulnerable, las altas temperaturas y la carga propia que soporta el acero puede producir pandeos severos en el acero y genere que la estructura colapse .

d) **Propiedades químicas.**

La actividad química del metal depende de las impurezas que contenga y de la presencia de elementos que reaccionan con estas, dependiendo también en menor medida de la temperatura y zonas de contacto. Distinguimos fundamentalmente dos reacciones: oxidación y corrosión.

- i. **Oxidación.** La oxidación se produce cuando se combina el oxígeno del aire y el metal. La oxidación es superficial, produciéndose en la capa más externa del metal y protegiendo a las capas interiores de la llamada oxidación total. El óxido no es destructivo.
- ii. **Corrosión.** Se considera corrosión a toda acción que ejercen los diversos agentes químicos sobre los metales, primeramente en la capa superficial y posteriormente en el resto. Cuando es producida por el oxígeno y usando como catalizador el agua, la corrosión es progresiva desde la capa superficial hasta el interior del metal lo que provoca su total destrucción.

D. TIPOS DE ACERO ESTRUCTURAL.

a) **Tipo de acero de acuerdo a sus secciones geométricas.**

El acero estructural puede laminarse económicamente en una variedad de formas y tamaños sin un cambio importante de sus propiedades físicas, la

industria de la construcción ha desarrollado diferentes formas de secciones y tipos de acero que se adaptan más eficientemente a las necesidades de la construcción.

Las aplicaciones comunes del acero estructural en la construcción incluyen perfiles estructurales de secciones: I, H, L, T, (ver figura 6), usadas en edificios e instalaciones para industrias; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto pre esforzado; varillas y mallas electro soldadas para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

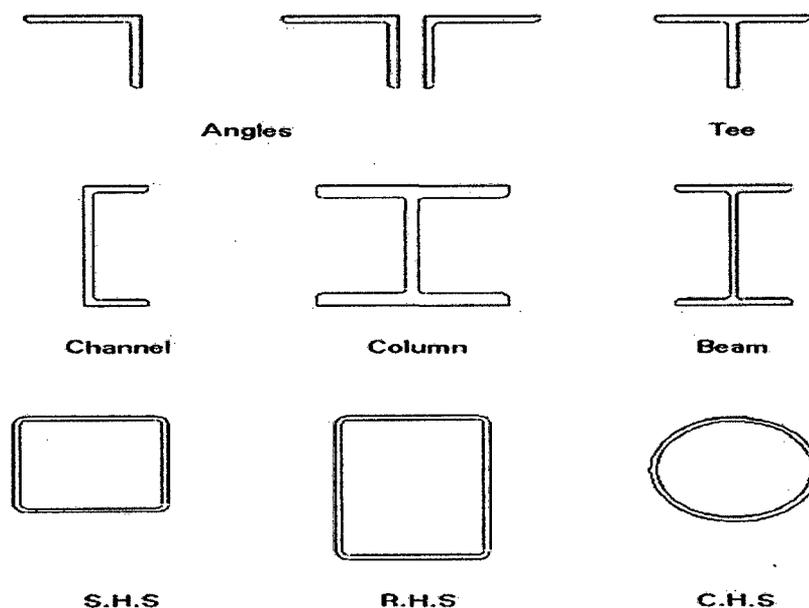


Figura 9. Tipos de secciones transversales de acero. (Referencia, José Agudelo Bravo-2013, Metallic structure, 34P).

- i. **Ángulos de acero.** Producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto. Se usa en la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industria naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

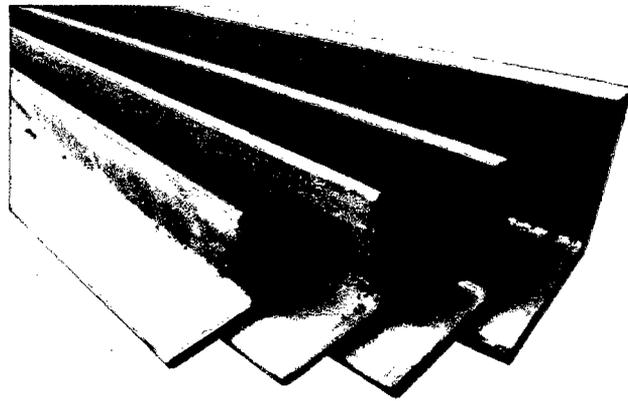


Figura 10 .Angulo de acero. (Referencia, José Agudelo Bravo-2013, Metallic structure, 34P).

- ii. **Barra T** . Producto de acero laminado en caliente de sección en forma de T.

Usos:

En la fabricación de estructuras metálicas para la construcción civil, torres de transmisión, tijerales, carpintería metálica, etc.

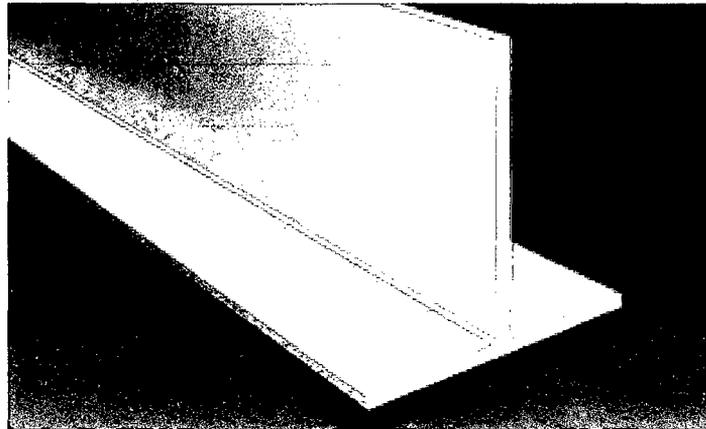


Figura 11. Acero laminado en caliente de sección en forma de T. (Referencia, José Agudelo Bravo-2013, Metallic structure, 34P).

- iii. **Canal**. Canal de acero estructural se usa típicamente en aplicaciones que no se requiere de mucha fuerza, por ejemplo, correas, rejilla de apoyo, etc.

Son torsionalmente muy débil y por lo tanto nunca se usan donde se produce la torsión (a menos que se acoplen entre sí para formar una sección de caja cerrada).

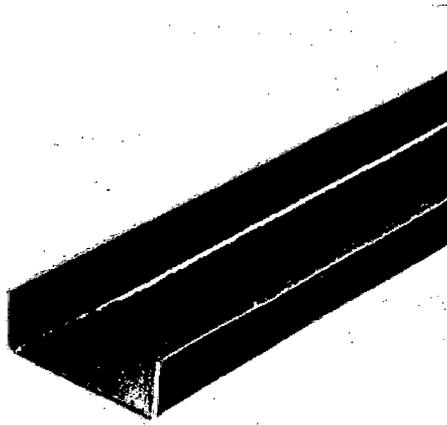


Figura 12. Canal de acero estructural. (Referencia, José Agudelo Bravo-2013, Metallic structure, 34P).

Columna. Como su propio nombre indica, este tipo de acero se utiliza para pilares, columnas, apoyo.

- iv. **Viga de ala ancha y caras paralelas** [Perfiles que tienen sección en forma de H y se caracteriza por grandes alas y paralelas entre ellas.

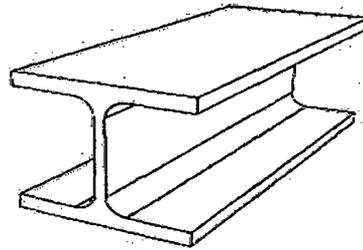


Figura 13. Perfiles que tienen sección en forma de H. (Referencia, José Agudelo Bravo-2013, Metallic structure, 34P).

- v. **Tubo Recto** Se utilizan como soportes y pilares. Esto se hace con dos perfiles formando una especie de tubo de sección casi cuadrada. En otros casos, permite el uso de espacio interior para tuberías.

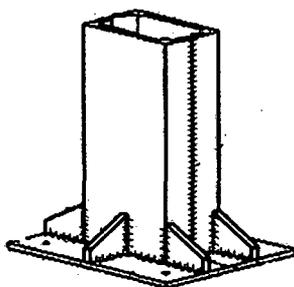


Figura 14. Acero laminado en caliente de sección en forma de tubo cuadrado. (Referencia, José Agudelo Bravo-2013, Metallic structure, 34P).

b) Tipos de acero según ASTM (Sociedad Americana Para Las Pruebas De Materiales), el acero estructural se clasifica:

- i. **Acero ASTM A - 36 (NTC 1920).** Es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.
- ii. **Acero ASTM A - 572 (NTC 1985).** Es un acero de calidad estructural de alta resistencia y baja aleación. Es empleado en la construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación, herrajes eléctricos, señalización y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.
- iii. **Acero ASTM A - 242 (NTC 1950).** Es un acero de alta resistencia y baja aleación (HSLA), para construcciones soldadas, remachadas o atornilladas, aplicado principalmente para estructuras donde el ahorro en el peso (masa) o durabilidad son importantes.
- iv. **ASTM A - 53.** Tubería, para alta presión fabricado con acero al carbono al caliente se usa para la conducción a alta presión de agua, gas, vapor, petróleo, aire y fluido no corrosivo.
- v. **ASTM-A - 441.** Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso- vanadio.
- vi. **ASTM-A - 500.** Tubular estructural de acero al carbono formado en frío, soldado. Se usa en estructuras, rejas, marcos de puertas y ventanas, tijerales, cercos y barandas.

- vii. **ASTM-A – 501.** Tubular estructural de acero al carbono formado en caliente, soldado y sin costura.
- viii. **ASTM-A – 514.** Placas de aleaciones de acero en alta fluencia templado. son usualmente utilizados para fabricar componentes que están bajo temperaturas mayores a las del ambiente. Su uso permite garantizar una vida útil sin que se presenten deformaciones importantes en la estructura a pesar de su exposición a las altas temperaturas
- ix. **ASTM-A – 529.** Acero estructural con limite mínimo de fluencia de 2,952.9 kg/cm² (42 ksi)
- x. **ASTM A – 588.** Acero estructural de alta resistencia y baja aleación con límite mínimo de fluencia de 3.515.3 kg/cm² (50 ksi), y hasta 4 pulg. de espesor.
- xi. **ASTM A – 606.** Acero, planchas y soleras, alta resistencia, baja aleación, laminado en caliente o en frío, con mejoras en la resistencia a la corrosión atmosférica.
- xii. **ASTM A – 607.** Acero, planchas y soleras, alta resistencia, baja aleación, al cromo o vanadio, o ambos, laminado en caliente o en frío.
- xiii. **ASTM A – 618.** Tubular estructural de alta resistencia y baja aleación, soldados y sin costuras laminado en caliente.
- xiv. **ASTM A – 709:** Acero estructural para puentes.
- xv. **ASTM A – 852.** Placas de acero estructural de baja aleación, templadas con límite mínimo de fluencia de 4,921.5 kg/cm² (70 ksi) y hasta 4" de espesor.

E. ESTRUCTURAS METÁLICAS.

a. Definición.

Una estructura metálica es cualquier estructura donde la mayoría de las partes que la forman son materiales metálicos, normalmente acero. Las estructuras metálicas se utilizan por norma general en el sector industrial porque tienen excelentes características para la construcción, son muy funcionales y su costo de producción suele ser más económicos que otro tipo de estructuras.

Para que una estructura funcione bien tiene que ser estable, resistente y rígida. Estable para que no se voltee, resistente para que soporte esfuerzos sin romperse y rígida para que su forma no varíe si se le somete a esfuerzos.

F. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.

a. Ventajas de las estructuras de acero.

- El acero como material estructural, es ampliamente utilizado ya que, proporciona ventajas al diseñador y/o constructor, pudiendo citar entre las principales a las siguientes:
- i. **Alta resistencia.** La alta resistencia del acero estructural permite al diseñador proporcionar secciones esbeltas en comparación con otros materiales; por ejemplo, para un mismo edificio, las columnas de concreto de cualquier nivel, suelen ser mucho más robustas que si fueran de acero, reduciendo considerablemente las de cargas muertas correspondientes al peso propio de la estructura.
 - ii. **Elasticidad.** Se apega más a la hipótesis de diseño elástico, porque sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos relativamente altos.
 - iii. **Ductilidad.** Debido a esta propiedad, las estructuras se deforman considerablemente antes de la falla; o lo que es lo mismo, se puede detectar evidencia de la falla de una estructura cuando se observa una deformación excesiva.
 - iv. **Rapidez en el proceso de montaje.** El tiempo de desmontaje relativamente corto en comparación con estructuras de otros materiales.
 - v. **Valor de rescate.** Al desmontar una estructura de acero, podría usarse de nueva mente y venderse como chatarra, lo que proporciona una recuperación económica para los dueños de dicha estructura .
 - vi. **Fácil de reparación.** Su reparación en la mayoría de los casos suelen ser sencillos mediante la incorporación de perfiles atornillados, soldados a los dañados.

b. Desventajas de las estructuras de acero.

- i. **Costo del mantenimiento.** El acero requiere un constante mantenimiento para prolongar su buen funcionamiento dentro de la estructura, ya que se corroe al estar expuesto libremente al aire, lo cual, puede alterar sus propiedades; por lo tanto, es necesario pintarlo, galvanizarlo ó darle un tratamiento que evite la corrosión.
- ii. **Costos de protección contra incendios.** A pesar de que el acero es un material incombustible, cuando se somete a elevadas temperaturas, la resistencia del mismo, puede reducirse considerablemente. Por lo tanto, se debe proteger la estructura contra el fuego, recubriéndola con un material apropiado, lo cual incrementa el costo de la misma.
- iii. **Susceptibilidad de pandeo.** Es decir entre más esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo.

G. DEFINICIÓN DE PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS EN GENERAL.

La palabra proviene del griego “pathos”: enfermedad, y “logos”: estudio. Usaremos exclusivamente la palabra “patología” para designar la ciencia que estudia los problemas, su proceso y sus soluciones, y no en plural, como suele hacerse, para referimos a esos problemas concretos, ya que en realidad son estos el objeto de estudio de la patología de la construcción.

Hablar de patología supone problemas en una obra, nueva o antigua, incluso a veces sin concluir.

Estas enfermedades se ven originadas especialmente por la acción del clima muy caluroso y húmedo de nuestro país, por mal diseño, por fallas estructurales, por fallas en el cálculo, por imprevisiones de tiempo, por falta de organización de obra, por mala calidad de la mano de obra, por desconocimiento de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar, por técnicas constructivas inadecuadas con materiales de mala calidad, por un concepto erróneo de economía al no contemplar rubros para una buena impermeabilización, o simplemente por no ser conscientes de que un edificio tiene su vida útil, y necesita de mantenimientos periódicos que lo conserven.

H. ORIGEN, CAUSAS, RIESGOS Y SOLUCIONES DE LA PATOLOGIA.

ASPECTOS GENERALES.

a. Definición de causa.

Es el agente, activo o pasivo, que actúa como origen del proceso patológico, y que origina en una o varias lesiones. En ocasiones, también puede ocurrir que varias causas actúen conjuntamente para producir una misma lesión.

Las causas se dividen en dos grandes grupos:

Directas. Cuando son el origen inmediato del proceso patológico, como los esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, etc.

Indirectas. Cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución. Son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir.

b. Lesiones.

i. Definición.

Son cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo. Se trata de un síntoma o un efecto final del proceso patológico en cuestión. En muchas ocasiones, una lesión es, a su vez, origen de otra.

ii. Origen y causas.

Si la lesión es la que origina el proceso patológico, la causa es el primer objeto de estudio porque es el verdadero origen de las lesiones. Un proceso patológico no se resolverá hasta que no sea anulada la causa. Cuando únicamente nos limitamos a resolver la lesión, descartando la causa, la lesión acabará apareciendo de nuevo.

Una lesión puede tener una o varias causas por lo que es imprescindible su identificación.

iii. Intervenciones de las lesiones.

- **Reparación.** La reparación es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica original. Sólo comenzaremos el proceso de reparación una vez descrito el proceso patológico, con su origen o causa y la evolución de la lesión.

Procedimiento para la reparación.

La primera etapa. Información previa, consistirá en una toma de datos para conseguir una definición física lo más desarrollada posible del elemento a reparar. Nos va a permitir conseguir una visión general para evaluar el estado de la unidad dañada.

La segunda etapa. Reconocimiento, se establecen los daños existentes, ubicación, forma, cuantificación, etc.

La tercera etapa es la de diagnóstico. Mediante el análisis de los datos obtenidos se tomará la decisión.

➤ **Restauración.**

Cuando la reparación se centra en un elemento específico o un objeto de decoración hablamos de restauración.

La restauración lleva una gran dificultad para resultar coherente con el valor del edificio entendido como una entidad individual, tanto desde el aspecto arquitectónico, histórico y artístico. Que permita la transmisión de sus valores a la posteridad.

Es por ello que, antes de intervenir un edificio histórico; debemos tener siempre presente cuatro puntos básicos:

La intervención debe ser la mínima posible.

Debe respetar la antigüedad de los elementos constructivos.

Diferenciar lo existente que aún se encuentra en buen estado de las zonas degradadas.

No aplicar reglas generales, sino específicas para cada intervención.

➤ **Rehabilitación.**

Su objetivo es recuperar una función o actividad de una estructura que ha disminuido o se ha perdido a causa de condiciones inesperadas que ha tenido que soportar o de una enfermedad.

Se realiza una rehabilitación a:

Cambio de uso de una edificación que fue diseñada para una determinada función.

Reparaciones de los diferentes elementos estructurales dañados.

Una restauración de los distintos elementos y objetos individuales de la estructura.

➤ **Prevención.**

El estudio de los procesos patológicos y, sobretodo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. En la prevención habrá que considerar, sobre todo, la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución; así como, al mantenimiento.

c. Niveles de riesgo.

Los niveles de riesgo son indicadores que permiten tomar las medidas de seguridad necesarias, para que las personas que habitan las estructuras afectada no sufran ningún accidente. Existe diferentes niveles de riesgo :

- i. **Nivel de riesgo bajo.** Cuando la vulnerabilidad sísmica de la estructura no se ha visto afectada de forma significativa después de un evento o por la afectación directa o indirecta de algún agente externo o interno y que no representa un daño o peligro de colapso para la integridad del sistema estructural.
- ii. **Nivel de riesgo medio.** Sucede cuando la estructura afectada muestra síntomas o signos puntuales como, alabeo, abolladuras, corrosión, etc. Que se pueden percibir a simple vista, las cuales pueden comprometer de una manera no muy significativa pero que de igual forma son importantes el sistema estructural de las estructuras metálicas. En este caso la estructura metálica pueden ser utilizadas pero bajo medidas de tratamiento y supervisión.
- iii. **Nivel de riesgo alto.** Este se da cuando a las estructuras después de un evento sísmico o después de una grave lesión por causa de alguna patología severa, se le producen desprendimientos parciales o totales de materiales, también se presentan pandeos o deformaciones en los en los elementos. En este caso se recomienda de forma inmediata el desalojo de las estructuras afectadas puesto

que su sistema estructural primario esta tan afectado que en cualquier momento se puede presentar un colapso.

I. ESTUDIO PATOLOGICO.

a. Definición.

La investigación de un proceso patológico en el mundo profesional suele tener como objetivo su solución, que implica la reparación de la unidad constructiva dañada para devolverle su función constructiva arquitectónica inicial.

De allí la necesidad de la investigación patológica, previa, a cualquier intervención, y que podríamos definir como el análisis exhaustivo del proceso patológico con el objeto de alcanzar las conclusiones que nos permitan proceder a la reparación.

b. Proceso para una investigación patológica.

i. Plan de intervención.

El Plan de Actuación requiere una gran claridad en su planificación. Es recomendable que ninguna información necesaria debe ser omitida, por más obvias que parezcan.

Plan de intervención contendrá de una manera detallada paso a paso todo el proceso que se va realizar para la investigación patológica de una estructura determinada.

ii. Observación.

Trata de la primera fase del proceso de estudio patológico, mediante una simple observación visual, en situ, se puede obtener bastantes datos, los cuales se complementarán y ampliarán con posteriores visitas y mediante la observación detectaremos el efecto o daño producido en la obra.

En la observación se trata, pues, de:

Detectar la lesión. En realidad se suele iniciar el estudio justamente porque se ha detectado alguna lesión.

Identificar la lesión. De que se trate, para poder dar los pasos adecuados.

Aislar lesiones y procesos patológicos distintos. Con objeto de hacer el seguimiento adecuado para cada caso.

iii. Toma de datos.

Una vez identificada, y aislada la lesión, se inicia el proceso de la toma de datos, en lo que se debe adoptar una metodología adecuada para un estudio adecuado.

Ello implicará, en ocasiones, un mínimo repetido de visitas; en otros casos la aplicación y seguimiento de una serie de instrumentos de análisis y evolución de la lesión; en ocasiones, el uso de aparatos diversos de medidas, y siempre, la utilización de fotografías que nos permitan plasmar gráficamente la lesión (el síntoma) en un momento determinado, tanto para poder seguir su evolución, como para poder continuar el análisis.

Para abordar el estudio previo, la metodología debe desarrollarse en fases que son:

Inspección previa. En la que se recogerá el máximo de datos referentes a la propiedad, al autor del edificio y al inmueble.

Documentación. Conviene realizar croquis y reportajes fotográficos.

Levantamiento planimétrico. De la estructura incluyendo planta, alzados, secciones, detalles constructivos, mapas de lesiones, etc.

En caso fuera necesario se realizara inspecciones técnicas, que suponen la realización de análisis, ensayos y pruebas de carga. Para ello, es imprescindible el apoyo de técnicos especializado.

iv. Análisis del proceso.

Terminada la toma de datos directa, y estando en posesión de los resultados de posibles ensayos de laboratorio, podemos iniciar la reconstrucción de los hechos; es decir, tratar de conocer cómo se ha desarrollado el proceso patológico, cuál ha sido su origen y sus causas, cuál fue su evolución y cuál es su estado actual y como lo remediamos.

Causas.

Hay que tener en cuenta que las causas posibles son muy variadas dentro de cada proceso patológico y que las causas no son únicas en cada proceso patológico y siempre encontraremos actuando conjuntamente unas directas y otras indirectas.

➤ **Causas directas de las lesiones.**

Las causas directas son las acciones que ponen en marcha los procesos patológicos iniciando la degradación de los materiales. Podemos dividir las causas directas en cuatro grupos:

Causas mecánicas.

Son las acciones no previstas que aplican sobre una unidad. Un esfuerzo mecánico superior al que es capaz de soportar una unidad. Los motivos mecánicos que originan la alteración y deterioro de los materiales incluyen movimientos, deformaciones y rupturas originados por:

Cargas externas directas. Actúan sobre la estructura u otros elementos.

Cargas indirectas. Debidas a variaciones de temperatura o humedad, que en caso de movimientos impedidos en las piezas, provocan importantes deformaciones.

Cargas reológicas. Están producidas por la fatiga de los materiales.

Desplazamientos de la estructura. Son consecuencia de las alteraciones experimentadas en los terrenos.

Causas físicas.

Las causas físicas son los agentes atmosféricos que inciden sobre los sistemas estructurales. La lluvia provoca humedades, ensuciamientos por lavado diferencial, etc.

Causas Químicas.

Las causas químicas se producen a partir de todo tipo de productos, que reacciona con el elemento constructivo.

Lesiones Previas.

En ocasiones, la Causa Directa de una lesión es otra lesión anterior. Como ejemplo, las deformaciones suelen ser la causa directa, de desprendimientos, fisuras y grietas, y éstas a su vez son la causa directa de erosiones físicas, desprendimientos y humedades que, a su vez, provocan eflorescencias, erosiones físicas y químicas, corrosiones y desprendimientos

➤ **Causas indirectas de las lesiones.**

Son causas indirectas cuando las lesiones son originadas por errores y defectos de diseño o ejecución.

Las lesiones aparecen en un 75% por causas de mal diseño y mala calidad de mano de obra, o sea de falla humana, lo que se puede revertir con mano de obra calificada, capacitación al personal, controles de calidad y el estudio, en gabinete, del diseño adecuado para cada proyecto. Además, el 50% de estas patologías están relacionadas a la humedad, lo que refuerza la importancia de la correcta impermeabilización de la obra.

Las causas indirectas se clasifican de la siguiente manera:

De proyecto.

La errónea elección del material o la falta de definición que conlleva un pliego de condiciones defectuoso e incompleto; la técnica y sistema constructivo inadecuado tanto en la elección del material como en la definición de la función que debe cumplir una unidad constructiva; el diseño defectuoso de un elemento constructivo, y la falta de estudio y diseño adecuados tanto de juntas como de materiales y elementos, que producirá a la larga filtraciones, desplazamientos y grietas.

De ejecución.

Son aquellos factores que proceden de errores en la ejecución de una unidad constructiva y que no tienen relación con los errores de proyecto. Suelen, en líneas generales, ser debidos al incumplimiento de las condiciones técnicas, (especificaciones, normativas).

De material.

Son los factores que proceden de errores durante la fabricación de un material determinado y que producen la pérdida de las características correctas de dicho material. Si un material específico no cumple las características físicas, mecánicas y químicas necesarias, para, la misión constructiva que le corresponde, el proceso patológico surgirá más. Pronto o más tarde.

De mantenimiento.

Son factores inherentes al mal uso de un edificio, por falta de un mantenimiento periódico apropiado o porque el sistema estructural realiza funciones para las que no ha sido diseñado. En este tipo de causas es muy importante que el usuario tenga conciencia de que un correcto uso del sistema estructural alargará su vida útil.

v. Técnicas de diagnosis.

Los métodos instrumentales de investigación se clasifican en:

➤ Tipología constructiva.

Mediante la tipología constructiva analizaremos las posibles deformaciones que puedan iniciarse en la estructura misma del edificio, para ello nos dotaremos de una serie de medios (ensayos que tendrán como fin ofrecer un diagnóstico de las lesiones encontradas). De esta manera dividiremos los ensayos en:

Ensayos no destructivos.

Disciplinas tecnológicas que reúnen una serie de métodos que permiten obtener una información sobre propiedades, estructuras y condiciones de un material o componente, sin modificar su aptitud para el servicio.

Objetivos de los ensayos no destructivos.

Detectar discontinuidades en materiales y estructuras sin destrucción de los mismos (Detección).

Determinar la ubicación, orientación, forma, tamaño y tipo de discontinuidades (Evaluación).

Establecer la calidad del material, basándose en el estudio de los resultados y en la severidad de las discontinuidades y/o defectos de acuerdo a las normas de calidad y los objetivos del diseño (calificación).

Ensayos destructivos.

No se trata de una técnica totalmente: no destructiva, pero el daño que supone es perfectamente subsanable.

➤ **Deformaciones, tensiones y desplazamientos.**

Para determinar sus deformaciones y desplazamientos y pandeos de las estructura metálicas liviana consiste básicamente en el modelamiento y cálculo del estado actual de la estructura metálica existente. Es decir tal como ha sido construido.

Primeramente se dibujara en AutoCAD, en forma tridimensional, para luego ser importado al Programa de cálculo SAP2000 o programas afines en el que se ha de cargar con las cargas que está sometida la estructura metálica. Con los resultados obtenidos se comienza el chequeo.

➤ **Medio ambiente.**

Es fundamental conocer las condiciones ambientales del entorno de cualquier monumento sobre el que vamos a realizar un estudio de sus materiales. Se recogen datos de la estación meteorológica más cercanas en Cajamarca tenemos las estaciones meteorológicas más cercanas el Ronquillo y Augusto Weberbauer en la U.N.C. Así se determinarán las variaciones de temperatura., presión y humedad a que están expuestos los diferentes materiales que componen el edificio.

vi. Evolución y seguimiento.

Una vez que contamos con los datos para concluir con un diagnóstico definitivo y podemos reconstruir el desarrollo del proceso patológico definiendo su origen y causas, su evolución y estado actual, atenderemos a la evolución de dichos trastornos mediante un seguimiento adecuado.

Sobre todo, habrá que atender a los tiempos, su posible periodicidad, la transformación o ramificación en nuevos procesos patológicos, etc. Para ello, serán de gran utilidad las fichas de registro realizadas después de cada toma de material. En ellas se hará constar el tipo y cantidad de muestra analizada, su localización exacta en el monumento, fecha de análisis, así como el propósito del mismo.

vii. Intervención.

Como objetivo final, el diagnóstico del punto anterior nos permite llegar a propuestas de actuación que tendrán como misión devolver a la unidad su función constructiva. Dichas propuestas habrá que contemplarlas en dos frentes: reparación, reforzamiento y mantenimiento.

➤ Propuestas de reparación.

Una vez corregida o anulada la causa; y sólo así, se deberá proceder a la reparación del efecto, lo que tendrá por objeto devolver al elemento o unidad constructivos su aspecto y su funcionalidad originales.

Reparación se trata de elegir el procedimiento menos costoso que sirva para obtener el fin perseguido se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Para realizar bien una reparación, esta debe hacerse con cuidado y reflexión.

En caso de pocos daños y aislados se podrán realizar reparaciones aisladas.

Es preciso asegurar que la reparación impedirá el progreso del deterioro, sino habrá que tomar medidas de seguridad de reparación.

Si la obra se ha debilitado se debe devolver la resistencia inicial.

¿Estética?

Es preciso asegurar que las reparaciones, no dificultaran seriamente el uso de obra.

Se debe prever que no se dañen otras obras o parte de la misma.

➤ **Propuesta de reforzamiento.**

Al diseñar un refuerzo, el objetivo principal es evitar que la sección más desfavorable del elemento esté al límite de su capacidad resistente, este reforzamiento debe cumplir todas las condiciones de comportamiento y prestaciones funcionales, tales como: esfuerzos axiales (tracción y compresión), cortante, momento flector y momento torsor.

Es necesario estudiar el refuerzo, así como los empalmes y uniones correspondientes, y los efectos que el refuerzo tiene sobre la estructura inicial.

Las operaciones de refuerzo son costosas, hay que estudiar la solución más económica.

➤ **Propuestas de mantenimiento.**

Se trata de indicar las diferentes actuaciones de mantenimiento y mejora que conviene llevar a cabo sobre los elementos estructurales de un sistema estructural para conseguir que conserven intacta su funcionalidad constructiva.

J. PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS METALICAS LIVIANAS.

La patología en estructuras metálicas livianas implican.

Estudio del comportamiento de la estructuras cuando presentan evidencias de fallas o comportamiento defectuoso (enfermedad), investigando sus causas (diagnostico) y planteamiento de soluciones para recuperar condiciones de seguridad en el funcionamiento estructural (remedio).

Las lesiones que sufren este tipo de sistemas estructurales se, anuncian entre otras, a continuación.

a. Corrosión.

La corrosión es un proceso que afecta al acero provocando una destrucción o deterioro de sus propiedades debido a una reacción química o por consecuencia de una corrosión electroquímica. Experimenta una aceleración en ambientes agresivos como los industriales o marinos. Provoca una disminución progresiva

de la sección resistente de los elementos estructurales, llegando incluso a la perforación o rotura por abombamiento de los óxidos puede actuar localmente en áreas muy reducidas y peligrosas de la estructura como ocurre en las soldaduras o tornillos de unión.

i. Corrosión química.

Síntoma. Deterioro superficial, disminución de espesor, pérdida de material, cambios de color.

Localización .Elementos en contacto con ambiente agresivo.

Causa.

Ataque por reacciones químicas con el medio (no electrolito)

Disolución del hidróxido del hierro formado a partir del óxido en solución húmeda de bajo pH.

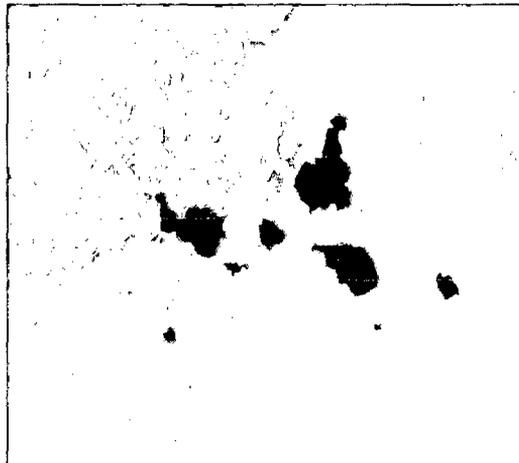


Figura 15. Corrosión química, se da en elementos en contacto ambientes agresivos. (Referencia, Begoña Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera, 33 diapositivas).

ii. Corrosión electroquímica.

Síntoma. Cambios de color, formación de óxido superficial, deterioro superficial con disminución de espesor, pérdida de material, roturas locales en uniones o en otros elementos por el aumento del volumen de los óxidos.

Localización. Elementos al exterior o en exposición la humedad (locales húmedos), áreas cercanas a bajantes o desagües, en contacto con el yeso, penetraciones de vigas en paredes desde el exterior, arranque de pilares.

Causa.

Corrientes eléctricas entre dos zonas del metal por:

Diferencias de concentración de oxígeno.

Diferencias de concentración salina, de pH, (estructuras enterradas).

Heterogeneidades físicas como diferencias de grandes temperatura.

Contacto con elementos metálicos de diferente potencial con formación de par galvánico o por heterogeneidad en la fase metálica.



Figura 16. Corrosión electroquímica, se presenta en elementos al exterior o en exposición la humedad. (Referencia, Begofía Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera, 33 diapositivas).

iii. Factores que favorecen la corrosión.

Agua. Las aguas de tipo duro tienen un alto contenido de iones de calcio y magnesio que favorecen las reacciones químicas, incluso las limpias presentan impurezas minerales, oxígeno y dióxido de carbono disueltos. (Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004)

Ácidos. Procedentes de lluvia (CO_2), terrenos, enyesados, maderas (roble, castaño), algas y musgos. Provocan la perforación de los metales.

(Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004)

Sales. En muchos casos ayudan en la formación de una película protectora e inhibidora de la corrosión, si no se superan en determinadas cantidades. No obstante, el agua de terrenos encharcados con ácidos orgánicos o sales inorgánicas, pueden disolver el cobre y plomo de tubos y caños. (Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004).

Clima. El clima tiene influencia en la durabilidad del acero por lo que se deben tomar las consideraciones necesarias para su debida protección.

(Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004).

Factores de diseño. En la fase de diseño de una construcción a veces se olvidan el hecho de que cualquier superficie que favorece la acumulación de agua y contaminantes atmosféricos representa un foco de corrosión prematura.

Para prevenir una corrosión prematura se debe dotar a las superficies de una ligera inclinación para posibilitar la evacuación de agua, distribuir orificios de drenaje y disponer espacio suficiente entre los elementos para preparar las superficie y pintarlas, evitando lugares donde se acumule agua y otros. (Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004).

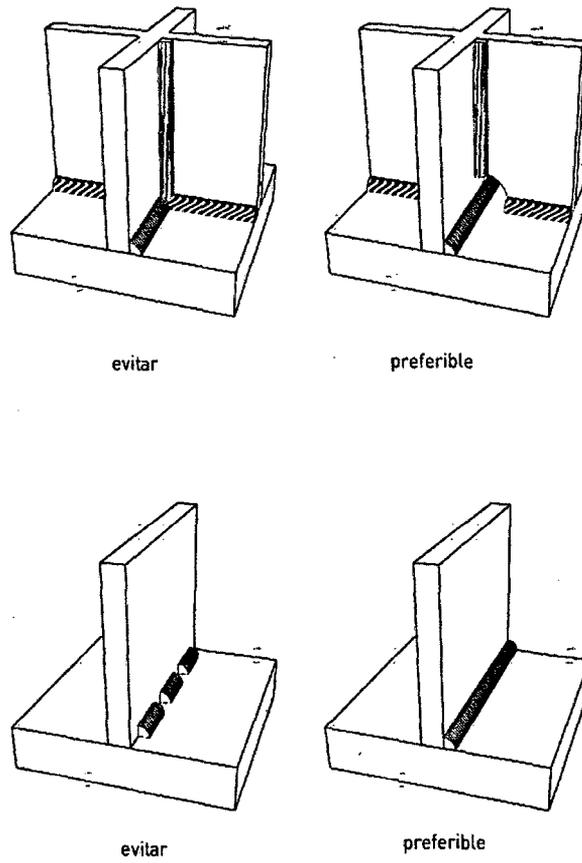


Figura 17. Se observa la vista tridimensional del diseño de cordones de soldadura para evitar el riesgo a corrosión. (Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004).

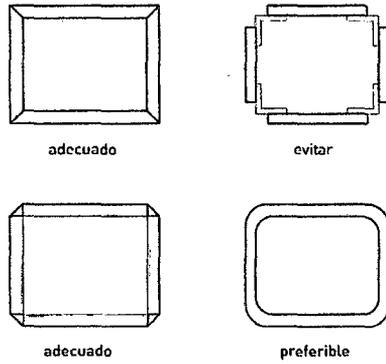


Figura 18. Se observa la vista en planta la continuidad de cordones de soldadura para minimizar el riesgo de corrosión. (Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004).

Fuente. Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.

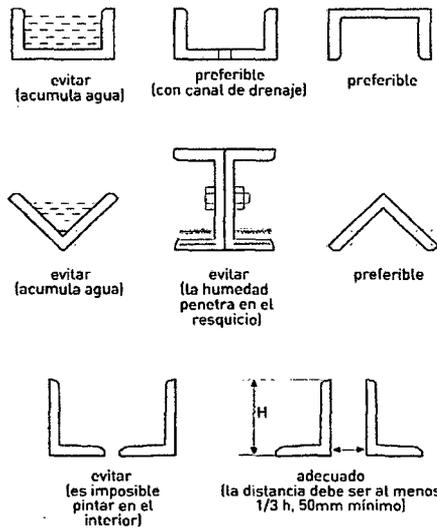


Figura 19. Se observa algunas formas geométricas de elementos de acero para evitar el riesgo de corrosión. (Referencia, Enciclopedia Broto de patologías de la construcción, 2004).

b. Deformabilidad y dilatación térmica.

Las estructuras metálicas presentan una mayor deformabilidad y dilatación térmica. La deformabilidad y dilatación térmica se expresan en:

Exceso de flecha.

Exceso de vibración.

i. Flechas excesivas.

Definición. Flecha es la distancia que se desplaza la línea neutra de la viga. En el esquema está señalada con la línea superior, para mayor claridad. La línea neutra es la que no sufre acortamiento (compresión), ni alargamiento (tracción). Ver figura 18.

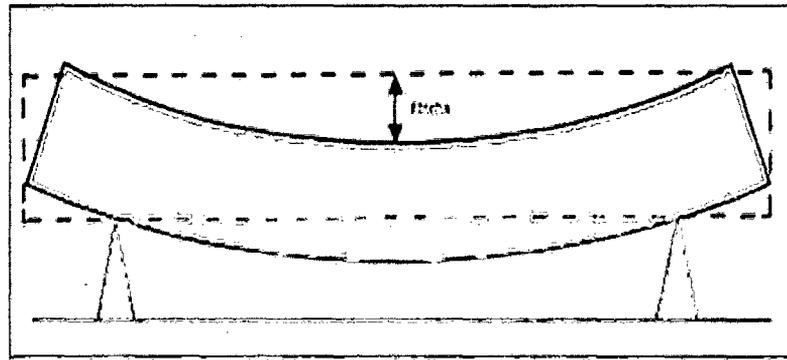


Figura 20. Flecha en una viga. (Referencia, Begoña Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera, 33 diapositivas).

Síntoma. Flechas excesivas.

Tal deformación puede ser visible y puede producir agrietamientos, daños arquitectónicos, pérdida de recubrimientos y pueden afectar a elementos móviles (puertas y ventanas).

Localización. Vigas y viguetas.

Causa.

- ✓ Por cargas y sobrecargas verticales excesivas (cargas muertas o cargas vivas).
- ✓ Acumulación de agua por fallo en el diseño o la propia flecha excesiva.

- ✓ Efectos de temperatura, fluencia lenta y asentamientos diferenciales.
- ✓ Error en el proyecto (dimensionado, hipótesis de cálculo).
- ✓ Error de ejecución (elemento no conforme a proyecto).
- ✓ Falta de rigidez del elemento de la estructura, lo que podría llevar a una falla prematura por inestabilidad.

ii. Exceso de vibración.

Síntoma .Vibraciones.

Localización .Forjados y vigas, en estructuras de gran altura.

Causa.

- ✓ Excesiva flexibilidad unida a sollicitaciones dinámicas (viento, paso personas, tráfico, instalaciones de aire).
- ✓ Efectos de tipo aerodinámico en estructuras esbeltas.

c. Abolladura del alma.

Definición.

Un elemento sometido flexión simple, flexión compuesta, o compresión tiene elementos planos que soportan esfuerzos a compresión o a cortadura. Cuando la delgadez de uno de estos elementos es mayor que la delgadez límite que corresponde a su caso, antes de que la tensión ponderada resultante alcance la resistencia de cálculo, el elemento sufre abolladura, es decir, se deforma normalmente a su plano, lo que reduce la sollicitación de agotamiento.

Síntoma. Abolladura del alma.

Localización .vigas.

Causa.

- ✓ Error en el proyecto (falta de rigidización).
- ✓ Cargas concentradas no previstas.
- ✓ Esbeltez excesiva de los rigidizadores.
- ✓ Compresión local del alma por cargas concentradas.

- ✓ Compresión excesiva del alma debido a tensiones normales y/o tensiones tangenciales.
- ✓ Abolladura de alas debido a tensiones normales.



Figura 21. Se observa que el elemento sufre abolladura, es decir, se deforma normalmente a su plano, lo que reduce la sollicitación de agotamiento. (Referencia, Begonia Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera, 33 diapositivas).

d. Alabeos.

Definición. Deformación de una superficie plana de acero, de tal manera que no pueda coincidir con un plano.

Síntoma. Alabeos.

Localización. Vigas y soportes.

Causa.

- ✓ Esfuerzos no previstos en proyecto (torsiones, fuera de plano).
- ✓ Error en el proyecto (hipótesis de cálculo).
- ✓ Error de dimensionado en los rigidizadores .



Figura 22. Se observa elemento sufre un alabeo. (Referencia, Begofia Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera, 33 diapositivas).

e. Pandeo.

Definición. El pandeo se puede dar en elementos comprimidos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

Síntoma. Pandeo.

Localización. Soportes, elementos a compresión en estructuras trianguladas, en alas comprimidas en elementos a flexión, tirantes por inversión de esfuerzos.

Causa.

- ✓ Por cargas y sobrecargas verticales excesivas, vientos y sismos.
- ✓ Error en el proyecto (dimensionado, hipótesis de cálculo).
- ✓ Error de ejecución (elemento no conforme a proyecto).



Figura 23. Gustavo C. Balbastro y Victorio E.Sonzogni, 2008, Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas.Rev.int, De desastres naturales, accidentes e infraestructuras civiles, Vol.8(1) 37.

f. Desnivelaciones en cabeza de columnas y flexión de elementos horizontales.

Síntoma. Desnivelaciones en cabeza de pilares y flexión de elementos horizontales.

Localización. Soportes y vigas de estructuras porticadas.

Causa.

- ✓ Movimientos del terreno por asentamiento, obras próximas.
- ✓ Errores de ejecución.

g. Rotura por fatiga.

Definición. Rotura por ciclos de carga y descarga, esfuerzos variables en el tiempo.

Síntoma. La presencia de estrías en la superficie de la fractura perpendicular a la dirección de las tensiones y son un grave peligro porque son difíciles de prever y colapso total o parcial (sin haberse detectado).

Localización. Elementos estructurales o piezas de unión.

Causas.

- ✓ Detalles inadecuados.
- ✓ Ejecución de taladros por punzonado con cargas dinámicas.
- ✓ Uniones inadecuadas.
- ✓ Defecto del acero.
- ✓ Esfuerzos alternado o de igual signo pero de magnitud fuerte.

h. Desgarro laminar.

Síntoma. Rotura frágil en estructuras soldadas por la retracción del material de aportación.

Localización. Elementos soldados y piezas unidas en perpendicular y piezas de unión

Causa.

- ✓ Uniones en perpendicular muy coaccionadas con mucho material de aportación.
- ✓ Uniones inadecuadas.



Figura 24. Colapso de estructura por desgarro laminar. . (Referencia, Begoña Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera, 33 diapositivas).

i. Fallas en uniones

Las uniones constituyen uno de los puntos más delicados a tener en cuenta en la estructura, tanto en el proyecto como durante el proceso de ejecución. Precisamente, son las uniones defectuosas las causantes de los desastres en estructuras metálicas, sobre todo si se les añaden los efectos de otros problemas típicos como la corrosión, la presencia de zonas de absorción o transmisión de tracciones.

Los defectos pueden ser según la tipología de la unión los siguientes:

i. Fallas en remaches en caliente.

El problema más importante es la corrosión por aireación diferencial que puede surgir en los encuentros, causando una pérdida de sección útil en los roblones o tornillos. Hay que utilizar aceros de igual composición para evitar problemas de par galvánico. En las articulaciones habrá que emplear aceros de alta resistencia. Y de modo general, los elementos deben someterse a un control exhaustivo de calidad y de su colocación.

ii. Fallas en la soldadura.

Las uniones soldadas debido al proceso de ejecución en obra y la dificultad que presenta su control, son más comprometidas que las atornilladas, a pesar de que éstas tienen mayor complejidad y sobredimensionan la estructura. La cuestión radica en el carácter más dúctil de las uniones soldadas.

Muchos defectos están ocasionados en la construcción y por los propios soldadores, lo cual, en obras pequeñas y medianas, suele ser frecuente.

Las fallas más comunes en soldadura son:

Porosidad.

Las bolsas de gas o vacíos que hay en la zona de soldadura se les llama porosidad.

Causas.

Una excesiva cantidad de calor puede provocar la porosidad, por lo que el soldador no debe usar un amperaje muy alto.

La velocidad de avance es la velocidad a la que uno mueve el soplete o electrodo a lo largo de la trayectoria de la soldadura. Si es muy alta, puede provocar la porosidad. Cuando uno mueve el soplete o electrodo muy rápido, el charco pierde calor y se enfría muy pronto, lo que hace que los gases queden atrapados.

Arco corto.

Corriente inadecuada.

Electrodo defectuoso y humedecido.



Figura 25. Soldadura porosa. (Referencia Oxagasa, 2014, Manual del Soldador, El Salvador ,88P).

Inclusiones de escoria.

Al soldar, los óxidos y otros materiales pueden quedar atrapados en el metal para soldar y en el metal de base fundido.

Antes de empezar a soldar hay que remover las partes oxidadas, las escamas, la pintura, el aceite y todo el material extraño que haya en el material base.

Inclusiones de tungsteno.

A veces el tungsteno provoca discontinuidades cuando se usa el procedimiento de soldadura de arco con tungsteno con protección de gas. Si hay demasiada corriente en el arco, la punta del electrodo de tungsteno se sobrecalienta y funde, lo que provoca que pequeñas partículas caigan al charco y permanezcan ahí al solidificar la soldadura.

Para prevenir la contaminación por tungsteno es necesario seleccionar el amperaje adecuado para el electrodo de tungsteno que se vaya a usar. Hay que evitar tocar el charco con dicho electrodo.

Fusión incompleta.

Cuando el metal base y el depositado no se logran fundir y mezclar, se dice que hay una fusión incompleta o bien que no ha habido fusión.

Para eliminar este problema, hay que hacer una limpieza adecuada y utilizar el amperaje y la velocidad de avance correctos.

Penetración inadecuada.

Si la fusión no alcanza la raíz de la unión, se dice que no hay penetración, o que ésta es inadecuada.

La raíz de una unión es la zona en que las partes a soldar se aproximan más. Una manera de comprobar si hay una buena penetración es ver si del otro lado de la unión sobresale una determinada cantidad de material depositado.

Causas.

Velocidad excesiva.

Electrodo de \varnothing excesivo.

Corriente muy baja.

Preparación deficiente.

Electrodo de \varnothing pequeño.



Figura 26. Penetración incompleta. (Referencia Oxagasa, 2014, Manual del Soldador, El Salvador ,88P).

Golpes de arco.

Los golpes de arco son pequeños puntos localizados fuera de la zona de la soldadura, donde el trabajador ha aplicado un arco accidentalmente. Esto puede ocurrir donde quiera que el electrodo toque el metal base o donde algún cable haya sido conectado erróneamente a la pieza de trabajo. Todo esto puede originar una grieta, reducir el espesor del metal y formar un rebajo o ranura.

Los únicos lugares donde no es perjudicial dar golpes con el arco son aquellos donde se volverá a soldar, pues la nueva soldadura cubre el punto que queda.

Rebajos.

Se llama rebajo a la ranura que se forma por fusión en el metal base contiguo a la soldadura. No se debe usar un amperaje muy elevado y es útil hacer una breve pausa en los extremos de la soldadura para dar tiempo a que el metal llene los puntos bajos. Si es necesario, se debe dar un movimiento de chicotazo con electrodo hacia el centro de la soldadura.

Traslapo.

Un traslape (mal escrito como traslape) es metal depositado que escurre sobre la orilla de un cordón, pero no queda unido al metal base en ese punto. Por su propia naturaleza, el traslape adquiere la forma de una muesca.

La formación de un traslape puede tener las siguientes causas: demasiado calor por el uso de una gran cantidad de corriente, un avance muy lento, ángulos inadecuados del electrodo y un mal manejo del equipo por parte del soldador.

Grietas.

Las grietas son separaciones estrechas en el metal sólido y se consideran las más serias de las discontinuidades.

Causas

Electrodo inadecuado.

Falta de relación entre el tamaño de la soldadura y las piezas que une.

Soldadura defectuosa.

Mala preparación.

Unión muy rígida.

Tipos de agrietamiento:

El agrietamiento en caliente depende de la composición del metal. Para minimizar hay que precalentar la pieza y mantener la temperatura de precalentamiento y la que hay entre pasada y pasada al nivel más bajo del intervalo de operación.

El agrietamiento en frío se produce en aceros que tienen poca ductilidad y en los que hay presencia de hidrógeno. Para prevenir el agrietamiento en frío, hay que usar electrodos bajos en hidrógeno y seguir un procedimiento adecuado de precalentamiento.



Figura 27. Soldadura agrietada. (Referencia Oxagasa, 2014, Manual del soldador, El Salvador ,88P).

Discrepancias dimensionales.

Una forma defectuosa de la soldadura, la falta de penetración, deficiencias al tratar de rellenar la unión y cualquier modificación en el tamaño de la misma.

Exceso de soldadura

Cuando ocurre el exceso de soldadura, se deposita más metal de aporte que el especificado. El exceso de soldadura no sólo representa un desperdicio de material y dinero, sino que también contribuye a la concentración de grandes esfuerzos en el metal adyacente. Debe evitarse en todos los casos.

Desajuste

Se le llama desajuste a la falta de alineación entre dos piezas, por ejemplo, entre las dos partes de una unión a tope.

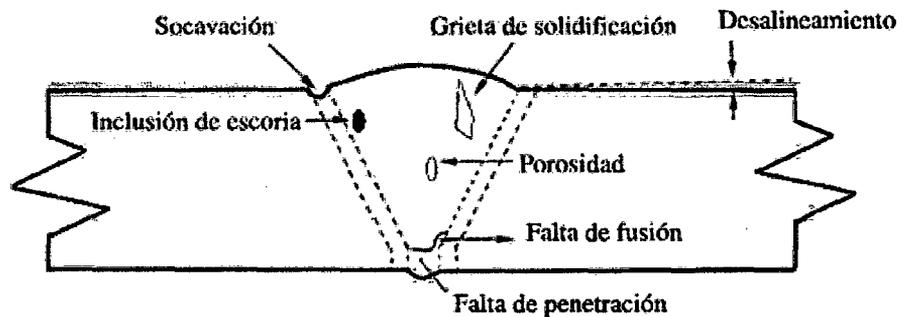


Figura 28. Tipo de discontinuidades en la soldadura. (Referencia Oxagasa, 2014, Manual del soldador, El Salvador ,88P).

Causas más comunes de las fallas son .

Humedad.

El origen principal de las fallas en una soldadura se encuentra en el agua y la humedad, ya que el hidrógeno alcanza el límite de los granos del metal e intenta abrirse paso fuera de ella.

Cuando logra escapar, inevitablemente prepara el terreno para que se acumulen esfuerzos que pueden formar grietas y otros defectos, hasta echarla a perder.

Este proceso es conocido como “fragilización por hidrógeno”. Para impedir este agrietamiento se debe precalentar la pieza de manera que se evapore toda la Humedad y utilizar materiales secos como fundentes, ya sean alambres, varillas y electrodos.

Limpieza.

Cualquier material extraño en la pieza probablemente cae en el charco, que actúa como un crisol donde todo se combina: aceite, grasa, pintura y polvo de aire.

Estas sustancias contaminan el charco y pueden formar compuestos químicos que disminuyen la resistencia de la soldadura.

Muchos de estos compuestos penetran en los límites de grano, contribuyen a la propagación de las fisuras y debilitan la estructura soldada. En materia de soldadura, ante todo es conveniente mantener el equipo limpio.

Velocidad al soldar.

La temperatura del charco y el suministro de calor son dos factores importantes en la obtención de una soldadura fuerte. En consecuencia, se aconseja suma atención al determinar el tamaño de la flama, el flujo de gas, la corriente del arco y su tensión.

Tolerancias dimensionales.

La cantidad de metal a depositar depende del tamaño y la forma de unión. Recordar que las uniones siempre deben prepararse de acuerdo con las dimensiones indicadas.

Deformación: Causas y soluciones.

Durante el procedimiento de soldadura, el metal base de la estructura y el metal de aporte se calientan a temperaturas muy elevadas. Al acercarse al punto de fusión, el metal tiene muy poca resistencia, que se recupera cuando la temperatura disminuye durante el ciclo de enfriamiento. El metal que se calienta se dilata y el metal que se enfría, se contrae, pero el metal depositado no se calienta ni se enfría uniformemente y, por lo general, solidifica de la raíz hacia la cara de la soldadura.

Al tiempo que este metal depositado solidifica, se contrae y la soldadura se jala hacia el centro, provocando el encorvamiento de la estructura.

De todos modos, la deformación tiene lugar al aplicarse varias pasadas a la unión a tope con ranura en V, pero hay pequeñas diferencias. Todas las pasadas generan algo de contracción pero, a medida que éstas aumentan, se incrementan asimismo dichas fuerzas de contracción; en consecuencia, una soldadura de muchas pasadas se deforma más que si se hubiera hecho con una sola pasada gruesa.

iii. Defectos en pernos.

➤ Fracturas súbitas.

Dúctil a tensión.

El tornillo presenta alargamiento y la zona de fractura muestra adelgazamiento, con textura fibrosa central y desgarre periférico.

Esta morfología se presenta generalmente en tornillos de bajo grado.

Algunas Causas.

Sobrecarga a tensión en servicio.

Grado del tornillo inferior al necesario.

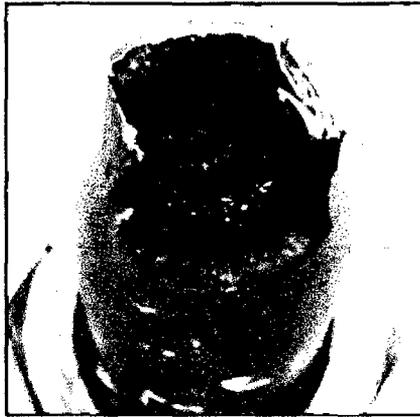


Figura 29. Falla de perno por ductilidad de tensión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

Dúctil a flexión.

El tornillo presenta doblado y la zona de fractura muestra textura fibrosa en un extremo y un labio por desgarre opuesto.

Esta morfología se presenta generalmente en tornillos de bajo grado.

Algunas Causas.

Sobrecarga a flexión en servicio.

Carga lateral elevada.

Grado del tornillo inferior al necesario.



Figura 30. Falla de perno por dúctil a flexión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

Dúctil por desgarre.

El tornillo presenta arrastre lateral en el sentido de la fuerza desgarrante, con una textura tersa brillante.

Algunas Causas son.

Carga lateral elevada.

Pérdida de torque en el tornillo que permite movimiento lateral de la junta y por lo tanto acción directa de la carga lateral en el tornillo.



Figura 31. Falla de perno por dúctil por desgarre. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

Frágil a tensión.

El tornillo no presenta alargamiento ni adelgazamiento, predominando una textura granular brillante transversal. Esta morfología se presenta generalmente en tornillos de grado alto.

Algunas Causas son.

Sobrecarga a tensión en servicio.

Grado del tornillo inferior al necesario.



Figura 32. Falla de perno frágil por tensión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

Frágil a flexión.

El tornillo no presenta deformación y la zona fractura muestra textura granular con formación de escalones algunas veces.

Esta morfología se presenta generalmente en tornillos de grado alto.

Algunas Causas.

Sobrecarga a flexión en servicio.

Carga lateral elevada.

Grado del tornillo inferior al necesario.



Figura 33. Falla de perno frágil a flexión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

Combinación Tensión – Torsión.

El tornillo presenta entorchamiento por torque, con una superficie transversal y una textura mixta granular - fibrosa.

Predominando la textura granular en grados altos y la fibrosa en grados bajos.

Algunas Causas.

Consecuencia directa de aplicar un sobre torque durante el apriete del tornillo o tuercá, lo cual genera a la par altas cargas de tensión y torsión.



Figura 34. Falla de perno combinación tensión-torsión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

➤ **Fracturas por fatiga**

Fatiga a tensión.

Fractura transversal progresiva con orígenes distribuidos en toda la periferia.

La superficie es tersa y normalmente presenta marcas elípticas (marcas de playa) concéntricas a los orígenes.

Algunas Causas.

Cargas elevadas de tensión.

Bajo torque o su pérdida en servicio.

Grado del tornillo menor al necesario.

Daño por corrosión o ludimiento.

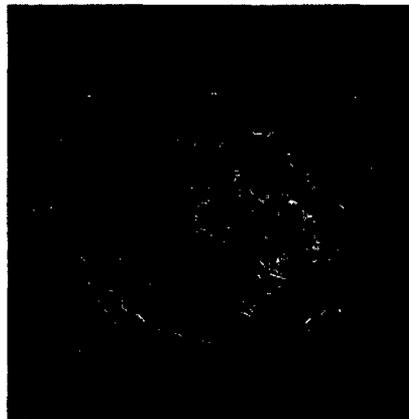


Figura 35. Falla de perno por fatiga a tensión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

Fatiga A Flexión.

Fractura transversal progresiva con orígenes en uno o dos lados opuestos.

La superficie es tersa y normalmente presenta marcas elípticas (marcas de playa) concéntricas a los orígenes.

Algunas Causas.

Cargas elevadas de flexión o laterales.

Bajo torque o su pérdida en servicio.

Grado del tornillo menor al necesario.

Daño por corrosión o lúdimiento.



Figura 36. Falla de perno a flexión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

➤ **Deformación.**

A tensión

Se presenta alargamiento y/o acuellamiento del tornillo.

Algunas Causas.

Sobrecarga a tensión en servicio:

Grado del tornillo inferior al necesario.

Sobre torque durante el apriete del tornillo o tuerca.

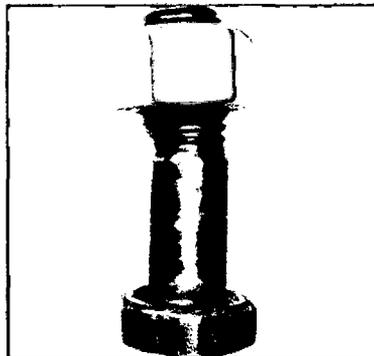


Figura 37. Deformación de perno a tensión. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

A flexión.

Se presenta doblado del tornillo.

Algunas Causas.

Carga lateral elevada.

Bajo torque o su pérdida en servicio.

Sobrecarga a flexión en servicio

Ludimiento.

Consiste en daño superficial y formación de depósitos en el vástago del tornillo producto de desgaste y/u oxidación asociados a contacto y desplazamientos oscilantes contra el alojamiento.

Algunas causas:

Carga lateral elevada.

Torque de apriete insuficiente.

Pérdida de torque en servicio.

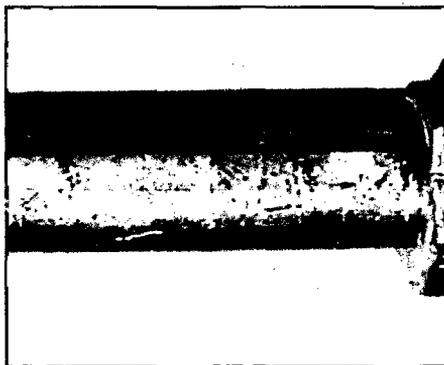


Figura 38. Ludimiento. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

Ludimiento en rosca.

Consiste en daño superficial y formación de depósitos en rosca del tornillo, producto de deformación, desgaste y/u oxidación asociados a contacto oscilante contra el alojamiento.

Algunas causas.

Carga lateral elevada.

Torque de apriete insuficiente.

Pérdida de torque en servicio.

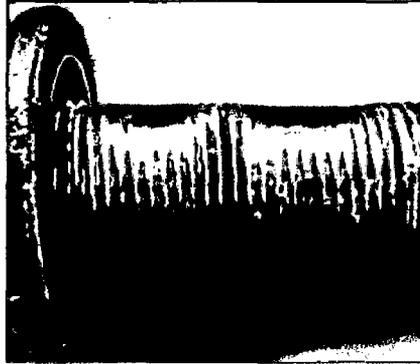


Figura 39. Ludimiento en roscas. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

➤ **Corrosión.**

Generalizada.

Se presenta ataque corrosivo sobre las superficies del tornillo, dañando su acabado superficial y dejando residuos.

Algunas Causas:

Mala selección de material del tornillo.

Medio corrosivo severo.

Daño o consumo de recubrimientos.

Infiltración de fluidos.

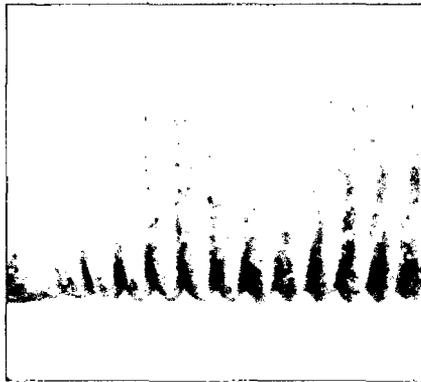


Figura 40. Corrosión generalizada. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

Por picadura.

Se presenta ataque corrosivo sobre las superficies del tornillo, formando cavidades y dejando residuos.

Algunas causas:

Mala selección de material del tornillo.

Medio corrosivo severo.

Daño o consumo de recubrimientos.

Infiltración de fluidos.

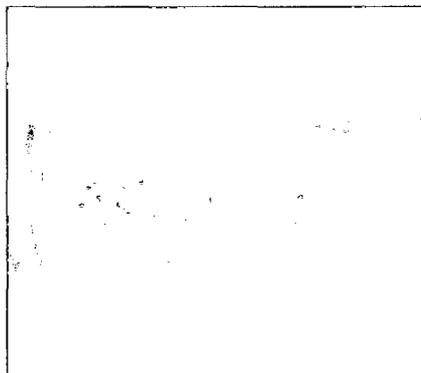


Figura 41. Corrosión por picadura. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

➤ **Daño en roscas.**

Barrido De Roscas.

Se tiene pérdida de los filetes de rosca al ser arrancados de raíz.

Pocos hilos de rosca ensamblados.

Algunas causas:

Diferencias dimensionales con tuerca.

Grado de tuerca superior al tornillo.

Rosca de baja resistencia respecto al cuerpo del tornillo.

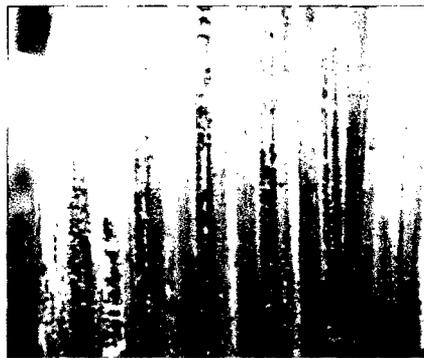


Figura 42. Barrido de rosca. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

Desgaste del perfil de rosca.

Se presenta pérdida del perfil original de los filetes de rosca y se tiene marcas de desgaste adhesivo sobre las superficies de apriete, llegando a perderse los hilos completamente.

Algunas Causas:

Diferencias dimensionales con tuerca.

Grado de tuerca superior al tornillo.

Ensamblajes y desensamblajes frecuentes.

Tornillo de grado inferior al esperado.

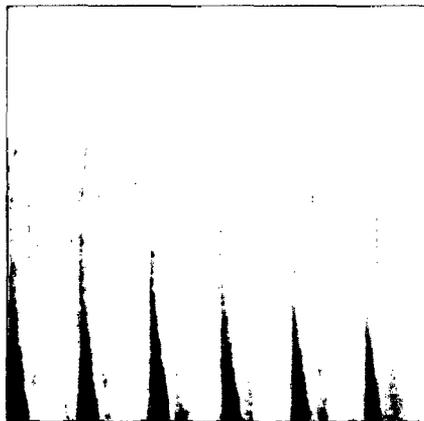


Figura 43. Desgaste del perfil de rosca. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.)

➤ **Daño en tuerca.**

Barrido de roscas.

Se tiene pérdida de los filetes de rosca al ser arrancados de raíz.

Algunas causas:

Pocos hilos de rosca ensamblados.

Diferencias dimensionales con tornillo.

Grado de tuerca inferior al tornillo.

Resistencia de rosca inferior a la esperada.

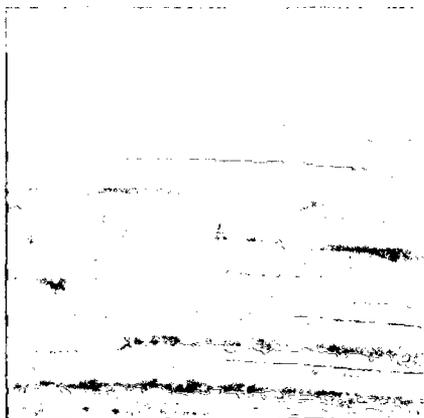


Figura 44. Barrido de rosca en tuerca. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

Desgaste del perfil de rosca.

Se presenta pérdida del perfil original de los filetes de rosca y se tienen marcas de desgaste adhesivo sobre las superficies de apriete, llegando a perderse los hilos completamente.

Algunas causas.

Diferencias dimensionales con tornillo.

Grado de tuerca inferior al tornillo.

Ensamblajes y desensamblajes frecuentes.

Tuerca de grado inferior al esperado.

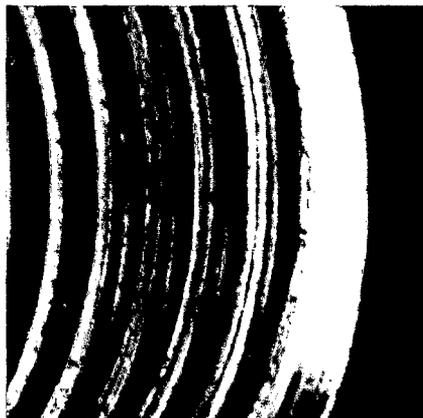


Figura 45. Desgaste del perfil de rosca. (Referencia, Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia).

K. SISTEMAS DE DIAGNOSIS DE LAS PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS LIVIANAS DE ACERO.

Los métodos instrumentales de investigación se clasifican en.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

a. Técnicas de inspección superficial.

Mediante éstas sólo se comprueba la integridad superficial de un material. Por tal razón, su aplicación es conveniente cuando es necesario detectar discontinuidades que están en la superficie, abiertas a ésta o a profundidades menores de 3 mm. Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes Ensayos no Destructivos:

i. Inspección visual.

➤ Definición.

Esta es una técnica que requiere de una gran cantidad de información acerca de las características de la pieza a ser examinada, para una acertada interpretación de las posibles indicaciones. Está ampliamente demostrado que cuando se aplica correctamente como inspección preventiva, detecta problemas que pudieran ser mayores en los pasos subsecuentes de producción o durante el servicio de la pieza.

➤ Herramientas para la inspección visual.

Tal vez uno de los mayores problemas de la aplicación de la Inspección Visual es enseñar y hacer comprender a los Inspectores que no se puede ver todo tan sólo con la observación directa y que en algunas ocasiones es necesario saber leer planos y dibujos técnicos; o bien, saber emplear diferentes instrumentos para ayudar a la Inspección Visual y que son.

Lentes de aumento o lupas. Normalmente tienen aumentos de 5X y de 10X, como máximo para los estudios llamados macroscópicos. Sus ventajas son tener un costo bajo y que abarcan una amplia área de inspección.

Sistemas de interferencia cromática o con luz polarizada. Consisten en emplear luz polarizada sobre una superficie reflejante y por medio de los patrones cromáticos formados son determinadas las zonas con discontinuidades, se utiliza en la inspección de porcelanas o recubrimientos vidriados.

Endoscopios (Boroscopios). Este sistema ha sido ampliamente difundido en las nuevas técnicas de Inspección Visual, principalmente porque permiten la observación del interior de una parte o componentes sin desarmar el equipo.

➤ **Ventajas de la inspección visual.**

La Inspección Visual se emplea en cualquier etapa de un proceso productivo o durante las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo.

Muestra las discontinuidades más grandes y generalmente señala otras que pueden detectarse de forma más precisa por otros métodos, como son líquidos penetrantes, partículas magnéticas o electromagnetismo.

Puede detectar y ayudar en la eliminación de discontinuidades que podrían convertirse en defectos.

El costo de Inspección Visual es el más bajo de todos los Ensayos no Destructivos, siempre y cuando sea realizada correctamente.

➤ **Limitaciones de la inspección visual.**

La calidad de la Inspección Visual depende en gran parte de la experiencia y conocimiento del Inspector.

Está limitada a la detección de discontinuidades superficiales.

Cuando se emplean sistemas de observación directa, como son las lupas y los endoscopios sencillos, la calidad de la inspección dependerá de la agudeza visual del inspector o de la resolución del monitor de video.

La detección de discontinuidades puede ser difícil si las condiciones de la superficie sujeta a inspección no son correctas.

ii. **Líquidos penetrantes.**

➤ **Definición.**

La inspección por Líquidos Penetrantes es empleada para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

En términos generales, esta prueba consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, el cual penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad.

Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador, el cual generalmente es un polvo blanco, que absorbe el líquido que ha penetrado en la discontinuidad y sobre la capa de revelador se delinea el contorno de ésta.

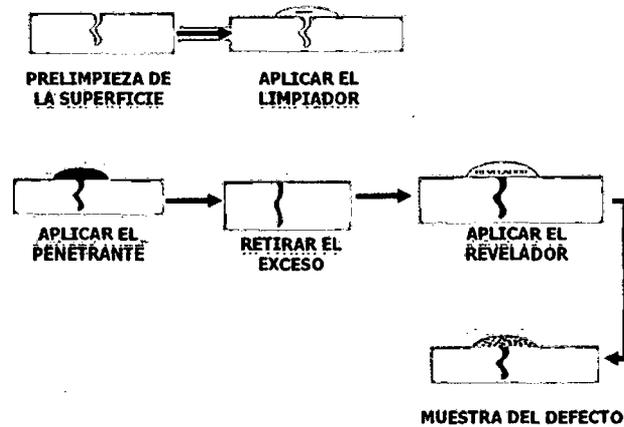


Figura 46. Ilustra el principio de la inspección por líquidos penetrantes. (Referencia, Introducción de los ensayos no destructivos. 248 P).

➤ **Requisitos de la inspección por líquidos penetrantes.**

Antes de iniciar las pruebas de Líquidos Penetrantes, es conveniente tener en cuenta la siguiente información:

Es muy importante definir las características de las discontinuidades y el nivel de sensibilidad con que se las quiere detectar, ya que si son relativamente grandes o se quiere una sensibilidad entre baja y normal, se recomienda emplear penetrantes visibles; pero si la discontinuidad es muy fina y delgada o se requiere de una alta o muy alta sensibilidad, es preferible emplear los penetrantes fluorescentes.

Otro factor de selección es la condición de la superficie a inspeccionar ya que si es una superficie rugosa, como sería el caso de una unión soldada o una pieza fundida, se debe emplear un penetrante líquido removible con agua. Pero si la superficies es tersa y pulida, es preferible emplear penetrante removible con solvente. Finalmente cuando se

requiere una inspección de alta calidad o con problemas de sensibilidad, se puede emplear un penetrante pos emulsificable.

Si el material a examinar es acero inoxidable, titanio o aluminio (para componentes aeronáuticos, por ejemplo) o aleaciones de níquel (monel), entonces los penetrantes deberán tener un control muy rígido de contaminantes, como son los compuestos halógenos (derivados del cloro, bromo, fluor, yodo) o de azufre (sulfato o sulfuros), ya que si quedan residuos de ellos, pueden ocasionar fracturas o fragilidad del material.

➤ **Procedimiento de la inspección**

Limpieza previa.

En toda pieza o componente que se inspecciona por este método, se deben eliminar de la superficie todos los contaminantes, sean éstos óxidos, grasa, aceite, pintura, etc., pues impiden al penetrante introducirse en las discontinuidades.

Normalmente la limpieza previa se realiza en dos pasos; el primero es propiamente una pre-limpieza en la que se pueden emplear medios químicos o mecánicos para remover los contaminantes de la superficie; y en segundo, que consiste en la limpieza con un solvente (removedor) que sea afín con el penetrante que se empleara en la inspección. Todo esto con el fin de que las posibles indicaciones queden limpias y permitan la fácil entrada del penetrante.

El tiempo de limpieza esta entre 10 a 15 minutos.

Aplicación del penetrante.

El penetrante se aplica por cualquier método que humedezca totalmente la superficie que se va a inspeccionar, dependiendo del tamaño de las piezas, de su área y de la frecuencia del trabajo. Se puede seleccionar el empleo de rociado, inmersión, brocha, etc, cualquiera que sea la elección, ésta debe asegurar que el penetrante cubra totalmente la superficie.

El tiempo de penetración es una variable crítica en este tipo de inspección. Un tiempo muy breve no permite que la concentración del penetrante en las discontinuidades sea la óptima; por este motivo el tiempo que debe permanecer el penetrante en la superficie sujeta a inspección debe determinarse experimentalmente, aun cuando en las normas existen tiempos mínimos recomendados. El tiempo oscila entre 5 y 15 minuto.

Eliminación del Exceso de Penetrante.

Consiste en la eliminación del exceso de penetrante que no se introdujo en las discontinuidades. Esta etapa reviste gran importancia pues de ella depende en gran parte la sensibilidad del método.

Aplicación del Revelador.

La función del revelador es absorber o extraer el penetrante atrapado en las discontinuidades, aumentando o provocando la visibilidad de las indicaciones

Tiempo de revelado.

Cualquiera que sea el revelador empleado, éste debe permanecer sobre la superficie de la pieza aproximadamente el mismo tiempo que se dio de penetración; esto es con el fin de dar tiempo al revelador para que extraiga al penetrante de las discontinuidades y forme una indicación de buena calidad. Es conveniente aclarar que las discontinuidades grandes formarán indicaciones casi inmediatamente, pero las discontinuidades muy finas, pequeñas o cerradas, tardarán en hacerlo; por lo cual el tiempo de revelado no debe ser menor a la mitad del tiempo de penetración. Las pruebas de experimentación con diferentes tiempos de revelado son la mejor manera de establecer cuál es el tiempo de revelado óptimo para cada inspección en particular. El tiempo oscila entre 5 y 15 minuto.

Interpretación y Evaluación de las Indicaciones.

En esta etapa es importante considerar el tipo de iluminación. La calidad de la inspección depende principalmente de la norma de aceptación, de la habilidad y de la experiencia del inspector para encontrar y evaluar las indicaciones presentes en la pieza.

Siguiente se muestra el diagrama 1, que ilustra las etapas de prueba descritas anteriormente:

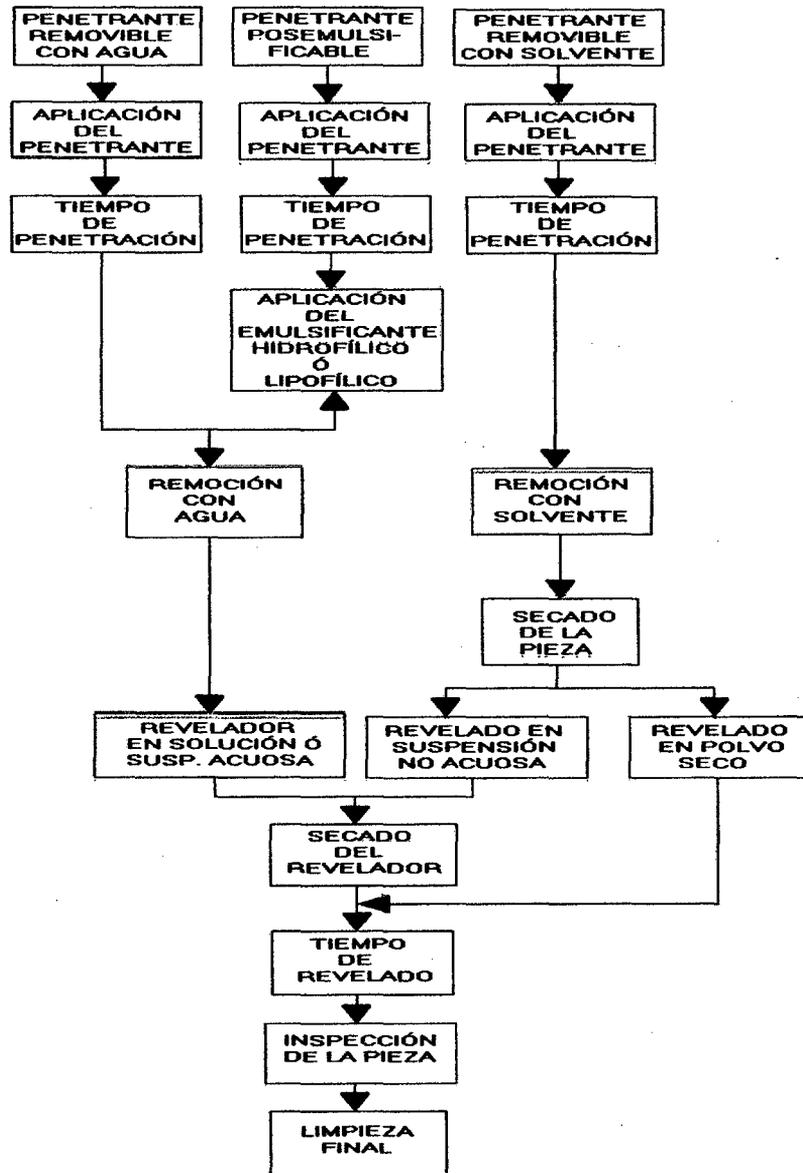


Figura 47. Diagrama de flujo del ensayo de líquidos penetrante. (Referencia Introducción de los ensayos no destructivos .248 P).

➤ **Aplicaciones**

Las aplicaciones de los Líquidos Penetrantes son amplias y por su gran versatilidad se utilizan desde la inspección de piezas críticas, como son los componentes aeronáuticos, hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico.

Muchas de las aplicaciones descritas son sobre metales, pero esto no es una limitante, ya que se pueden inspeccionar otros materiales, por ejemplo cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, etc.

➤ **Ventajas de las Partículas Magnéticas.**

Con respecto a la inspección por líquidos penetrantes, este método tiene las ventajas siguientes:

Requiere de un menor grado de limpieza

Generalmente es un método más rápido y económico

Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie

Tiene una mayor cantidad de alternativa.

➤ **Limitaciones de los Líquidos Penetrantes**

Sólo son aplicables a defectos superficiales de profundidad de 3mm y a materiales no porosos.

Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.

No se proporciona un registro permanente de la prueba no destructiva.

iii. Partículas magnéticas.

La inspección por Partículas Magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y sub superficiales en materiales ferromagnéticos. Se selecciona usualmente cuando se requiere una inspección más rápida que con los líquidos penetrantes.

Existen 32 posibilidades distintas de examen por Partículas Magnéticas. Es un sistema más rápido que los líquidos penetrantes y

consiste en aplicar una sustancia ferromagnética en polvo (partículas magnéticas) sobre un material que ha sido magnetizado. Las zonas donde existe una discontinuidad en el material provocan distorsiones del campo magnético o de los polos magnéticos. Esas distorsiones atraen a las partículas magnéticas y de este modo se crean las indicaciones virtuales de las discontinuidades, que posteriormente podrán interpretarse.

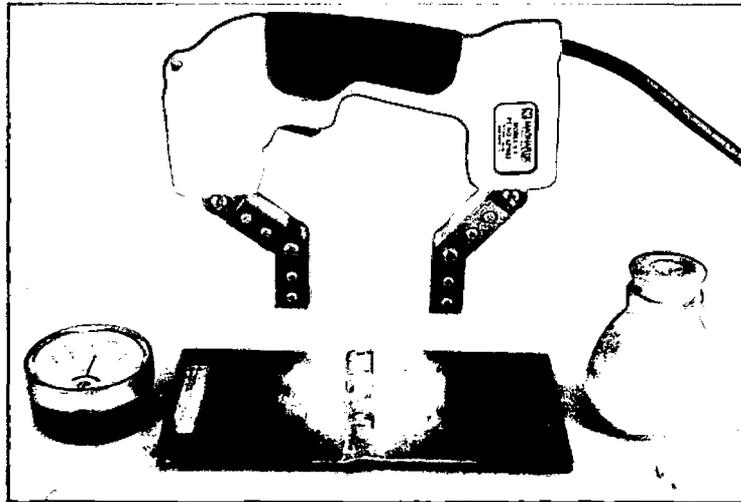


Figura 48. Se observa Yugo magnético, rociador de partículas magnéticas tipo salero, Medidor de Campo Residual equipos que se utiliza para el ensayo de partículas magnéticas y la placa metálica soldada para el ensayo. (Referencia Introducción de los ensayos no destructivos .248 P).

➤ **Ventajas de las Partículas Magnéticas.**

Con respecto a la inspección por líquidos penetrantes, este método tiene las ventajas siguientes:

Requiere de un menor grado de limpieza.

Generalmente es un método más rápido y económico.

Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie.

Tiene una mayor cantidad de alternativa.

➤ **Limitaciones de las Partículas Magnéticas.**

Son aplicables sólo en materiales ferromagnéticos.

No tiene gran capacidad de penetración.

El manejo del equipo en campo puede ser caro y lento.

Generalmente requiere del empleo de energía eléctrica.

Sólo detectan discontinuidades perpendiculares al campo.

b. Técnicas de inspección volumétrica.

Su aplicación permite conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza.

Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes ensayos:

i. Radiografía Industrial (Rt)

La Inspección por Rt se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Es un método físico de inspección. Se basa en la interacción entre la materia y la radiación electromagnética. Cuando un cuerpo es expuesto a la energía de los rayos X o gamma, éste los absorbe de forma proporcional a su densidad, espesor y configuración. La radiación que logra atravesar el material examinado se registra en una placa sensible a dicha energía.

Posteriormente la placa se revela y así se obtiene la imagen del área inspeccionada, en la que las indicaciones de una discontinuidad aparecerán en un tono gris o negro distinto al de las porciones de material homogéneo y saludable porque al no haber material que atravesar o tener éste otra composición, será distinta la cantidad de energía ionizante que atraviese esa parte de la pieza y se imprima en la placa fotosensible.

En la actualidad, dentro del campo de la industria existen dos técnicas comúnmente empleadas para la inspección radiográfica: Radiografía con rayos x y Radiografía con rayos gamma.

La principal diferencia entre estas dos técnicas es el origen de la radiación electromagnética; ya que, mientras los rayos x son generados por un alto potencial eléctrico, los rayos gamma se producen por desintegración atómica espontánea de un radioisótopo.

Al aplicar Rt, normalmente se obtiene una imagen de la estructura interna de una pieza o componente por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dicho material. Por lo anterior, esta prueba es utilizada para detectar discontinuidades internas en una amplia variedad de materiales.

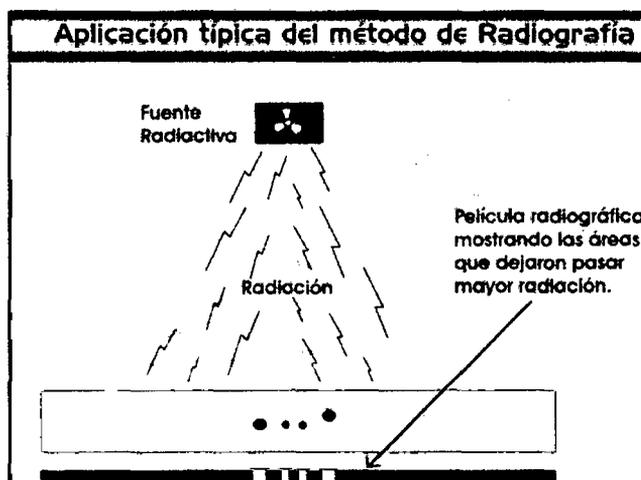


Figura 49. Aplicación del método de radiografía que nos permite obtener una visión de la condición interna de los materiales (Referencia Introducción de los ensayos no destructivos .248 P).

➤ Aplicaciones.

Debido a su corta longitud de onda de la radiación que emplea la radiografía le permite penetrar materiales sólidos, que absorben o reflejan la visible; lo que da lugar al uso de esta técnica en el control de calidad de productos soldados, fundiciones, forjas, etc. para la

detección de defectos internos macroscópicos tales como grietas, socavados, penetración incompleta en la raíz, falta de fusión, etc.

➤ **Ventajas de la Radiografía Industrial.**

Es un excelente medio de registro de inspección.

Su uso se extiende a diversos materiales.

Se obtiene una imagen visual del interior del material.

Se obtiene un registro permanente de la inspección.

Descubre los errores de fabricación y ayuda a establecer las acciones Correctivas

➤ **Limitaciones de la Radiografía Industrial**

No es recomendable utilizarla en piezas de geometría complicada

No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.

La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados

Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.

Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.

Requiere de instalaciones especiales como son: el área de exposición, equipo de seguridad y un cuarto oscuro para el proceso de revelado.

Las discontinuidades de tipo laminar no pueden ser detectadas por este método.

ii. **Ultrasonido Industrial (Ut)**

Es un proceso de tipo mecánico, basado en la impedancia acústica; que se obtiene al conocer el producto de la velocidad máxima de propagación de una onda sonora específica entre la densidad de un material. Se emplea un instrumento electrónico que genera una onda

ultrasonica a través de un cristal o un cerámico piezoeléctrico y que tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica (ondas sonoras) y viceversa.

Los sólidos tienen la capacidad de transmitir en su interior esta onda, que retorna a la superficie de origen cuando ha llegado a la frontera del material en examen, pues ésta lo refleja. Si el haz ultrasónico durante su trayecto es interrumpido por una discontinuidad, la señal que la onda transmite a una pantalla de rayos catódicos u otro medio de registro se modifica y de esa señal se obtiene la indicación virtual cuantificable de un defecto dentro de la pieza en inspección.

Los equipos de ultrasonido que empleamos actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, sub superficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0,25 hasta 25 MHz.

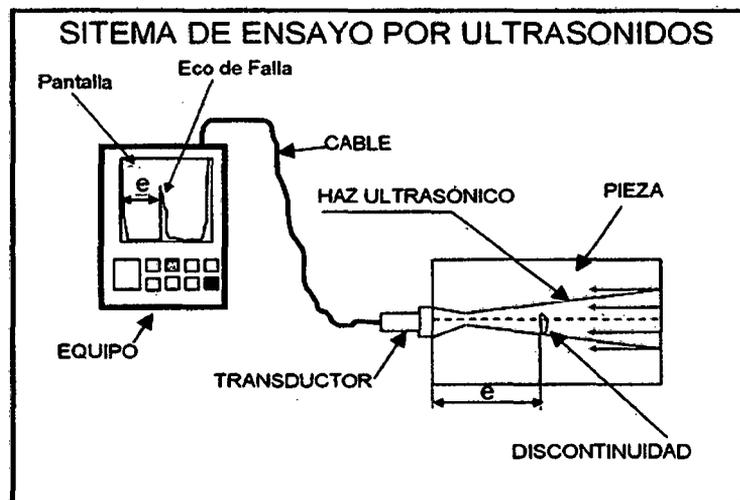


Figura 50 Sistema de ensayo por ultra sonido (Referencia Introducción de los ensayos no destructivos .248 P).

➤ Aplicaciones.

El Ultrasonido Industrial es un ensayo no destructivo ampliamente difundido en la evaluación de materiales metálicos y no metálicos.

Es frecuente su empleo para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, detección de defectos en piezas que han sido fundidas y forjadas, laminadas o soldadas

En las aplicaciones de nuevos materiales como son los metal cerámicos y los materiales compuestos, ha tenido una gran aceptación, por lo sencillo y fácil de aplicar como método de inspección para el control de calidad de materiales, bien en el estudio de defectos (internos, subsuperficiales y superficiales).

En la toma de mediciones como: medición de espesores recipientes de acero, capa de grasa en animales, etc.), medición de dureza, determinación del nivel de líquido, etc.

➤ **Ventajas del ultrasonido industrial.**

Se puede aplicar esta técnica en una gran gama de materiales y a un gran número de productos conformados como: chapas, ejes, vías, tubos, varillas, etc, y a procesos de fabricación tales como: soldadura, fundición, laminación, forja, mecanizado, etc.

Permite detectar discontinuidades tanto superficiales, sub superficiales e internas.

Los equipos pueden ser portátiles y adaptables a un gran número de condiciones.

➤ **Limitaciones del ultrasonido industrial.**

El equipo y los accesorios son costosos.

Deben emplearse varios tipos de palpadores a fin de determinar todas las discontinuidades presentes en la pieza, preferiblemente cuando se trata de piezas que han sido ensayadas anteriormente.

El personal destinado a realizar los ensayos debe poseer una amplia experiencia y calificación en el manejo de la técnica y los equipos.

iii. **Técnicas de inspección de la integridad.**

Son aquellas en las que se comprueba la capacidad de un componente o de un recipiente para contener un fluido (líquido o gaseoso) a una presión superior, igual o inferior a la atmosférica, sin que existan pérdidas apreciables de presión o de volumen del fluido de prueba en un período previamente establecido.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS.

Los ensayos destructivos se definen como aquellos ensayos que se realizan a un material mediante el uso de herramientas o máquinas las cuales producen una alteración irreversible de su composición química, mecánica o de su geometría dimensional.

a. Ensayo de tracción.

Prepara una placa de prueba que se coloca en la máquina de ensayos y se aumenta la fuerza hasta alcanzar el punto de cadencia, a partir del cual el metal empieza a adelgazarse. Cuando se rompe, el operario calcula el punto de cadencia del metal. Los cálculos están relacionados con el equipo utilizado y con la medida de la sección transversal de la muestra.

b. Ensayo de dureza.

La dureza de un material es la resistencia que opone a la penetración de un cuerpo más duro. La resistencia se determina introduciendo un cuerpo de forma esférica, cónica o piramidal, por el efecto que produce una fuerza determinada durante cierto tiempo en el cuerpo a ensayar (método Brinell). Como indicador de dureza se emplea la deformación permanente (plástica) En algunos casos, es necesario determinar las características mecánicas de los materiales sin llegar a su destrucción. También podemos determinar la dureza conseguida mediante un tratamiento de dureza.

c. Ensayo de impacto.

El ensayo de impacto o resiliencia mide la capacidad de un material para absorber la aplicación súbita de una carga sin romperse. El ensayo Charpy es muy común. En muchas operaciones de manufactura, así como durante la vida útil de los componentes, los materiales se someten a impacto o carga dinámica. El ensayo de impacto a menudo se utiliza para evaluar la fragilidad de un material bajo estas condiciones. Se han diseñado muchos procedimientos, incluyendo el ensayo Charpy y el ensayo Izod. Este último generalmente se utiliza para materiales no metálicos. Una prueba de impacto típica consiste en colocar una probeta con una muesca en una máquina de impacto y romperlo con un péndulo oscilante. La prueba de impacto es útil particularmente para determinar la temperatura de transición dúctil-frágil

de los materiales. En general, los materiales con una alta resistencia al impacto también tienen resistencia y ductilidad alta, y por lo tanto alta tenacidad.

EVALUACION Y CHEQUEO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA.

Objetivo.

- Re-calcular las armaduras de las estructuras metálicas livianas con fines de investigar: pandeo local de sus elementos y pandeo global.
- Verificar si las secciones de los perfiles son adecuados para resistir las cargas debido a su peso propio, viento, temperatura y sismo durante su tiempo de vida, estimada para este tipo, de estructuras en no menos de 50 años.

La metodología.

Para la evaluación de estructural de las estructuras metálicas liviana consiste básicamente en el modelamiento y cálculo del estado actual de la estructura metálica existente. Es decir tal como ha sido construido.

Primeramente se dibujara en AutoCAD, en forma tridimensional, para luego ser importado al Programa de cálculo SAP2000 o programas afines en el que se ha de cargar con las cargas que está sometida la estructura metálica. Con los resultados obtenidos se comienza el chequeo.

DIAGNÓSTICO DE LAS CAUSAS DE LOS FALLOS YA PRODUCIDOS. DE CORROSION.

Es necesario un amplio conocimiento de los fenómenos de corrosión para determinar con precisión sus causas.

A continuación presentamos una forma de proceder que se recomienda para el análisis de un fallo:

- a. **Identificación del tipo de fallo por examen visual y documentado (fotografías o macrofotografías).** Hacer referencia a ejemplos clásicos y añadir una descripción de las circunstancias del ataque.
- b. **Determinación del producto de corrosión mediante técnicas de análisis.** Químico (por ejemplo por vía húmeda, por espectroscopia y difracción de

rayos X), lo que puede requerir la identificación separada de sus diferentes capas.

- c. **Identificación del material.** A fin de establecer si fue previsto en el proyecto y si resulta disímil con respecto a factores metalúrgicos predecibles. Tal es el caso de microestructuras, segregaciones, porosidades, precipitados, inclusiones, u otros defectos que pudiesen debilitar la resistencia a la corrosión del elemento metálico.
- d. **Valoración del medio.** Para corroborar que era el previsto en cuanto a sus constituyentes principales y secundarios (impurezas, agentes biológicos o aditivos) que pudiesen empeorar el ataque.
- e. **Análisis de los factores ambientales.** Que podrían intensificar o localizar el ataque: turbulencias localizadas, velocidad relativa metal/medio, temperatura (incluyendo puntos calientes y efectos de condensación), presencia de sólidos en suspensión, estancamiento, depósitos móviles/sedimentados, productos de corrosión, gases disueltos y corrientes vagabundas.

f. Ensayos para el diagnóstico de corrosión :

Tabla 1. Normativa sobre los ensayos de corrosión. (Referencia, Enciclopedia Broto de patología de la construcción, 2004).

NORMA	OBJETO DE LA NORMA (CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS)
ASTM A 262	Práctica recomendada para la detección de la susceptibilidad a la corrosión intergranular de los aceros inoxidables (DIN 50 914 y 50 921)
ASTM A 708	Práctica recomendada para la detección de la susceptibilidad a la corrosión intergranular en aceros inoxidables austeníticos fuertemente sensibilizados
ASTM A 763	Práctica recomendada para la detección de la susceptibilidad a la corrosión intergranular en aceros inoxidables ferríticos
ASTM B 117-73	Ensayo de niebla salina (ISO 3768, DIN 50021)
ASTM B 287-74	Ensayo de niebla salina acética (ISO 3769)
ASTM B 368-68	Ensayo acelerado de cobre-niebla salina acética (Ensayo CASS) (ISO 3770)
ASTM B 380-65	Ensayo de corrosión de cromados decorativos por el procedimiento Corrodokote (ISO 4541, DIN 50 958)
ASTM F 746	Ensayo de resistencia a la corrosión por picaduras y en resquicios .
ASTM G 1-81	Práctica recomendada para la preparación, limpieza y evaluación de probetas en los ensayos decorrosión.
ASTM G 4-68	Práctica recomendada para la realización de ensayos de corrosión en planta
ASTM G 15-82	Definición de términos relativos a corrosión y ensayos de corrosión (DIN 50 900)
ASTM G 31-72	Práctica recomendada para los ensayos de corrosión por inmersión, en el laboratorio
ASTM G 36-73	Práctica recomendada para el ensayo de corrosión bajo tensiones en cloruro de magnesio a ebullición
ASTM G 38-73	Práctica recomendada para la preparación y de probetas en forma de anillo en C para el ensayo de corrosión bajo tensión
ASTM G 44-75	Práctica recomendada para el ensayo de corrosión bajo tensión por inmersión alternada en solución de NaCl del 3 %.
ASTM G 49-76	Práctica recomendada para la preparación y uso de probetas de ensayo de la corrosión bajo tensión a las que se aplica una tensión directa (E DIN 50 922)
ASTM G 47-79	Práctica recomendada para determinar la susceptibilidad a la corrosión bajo tensiones de las aleaciones de aluminio de alta resistencia.
ASTM G 48-76	Ensayo para la resistencia a la corrosión por picaduras y en rsquicios de los aceros inoxidables y aleaciones relacionadas en solución de cloruro férrico
ASTM G 50-76	Práctica recomendada para realizar ensayos de corrosión atmosférica de los metales (DIN 50 917)
ASTM G 60-79	Práctica para la realización de ensayos cíclicos de humedad
ASTM G 67-80	Práctica para la determinación de la susceptibilidad a la corrosión intergranular de las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx por pérdida de peso después de la exposición al ácido nítrico (Ensayo Nawlt)
DIN 50 018	Ensayos de corrosión. Exposición a condensaciones cíclicas de agua en atmósfera que contiene dióxido de azufre (Ensayo Kesternich)
DIN 50 911	Ensayo de las aleaciones de base cobre. Ensayo del nitrato mercurioso (UNE 37-148, ASTM B 154-73)

L. TRATAMIENTO.

Entendiendo el funcionamiento del proceso patológico, podemos abordar su solución que no debe limitarse a una simple “reparación” que enmascare un síntoma que nos está avisando de la existencia de un problema.

Reparar una patología en la estructura implica atajar las causas cuando sea posible, protegerla de ellas, reforzar cuando sea necesario, disminuir las sollicitaciones en la zona comprometida mediante liberación de acciones, desvío de cargas o variaciones de diseño y en último término, reparar los daños con una adecuada elección y aplicación de las tecnologías y materiales existentes en el mercado de una manera sustentable.

El siguiente esquema funcional de tratamiento es una guía como se procederá en muchos casos en la solución de una patología de estructura metálica liviana, cabe reconocer que no están todas las actuaciones posibles pero se desarrollan las que consideramos que son más comunes de encontrar.

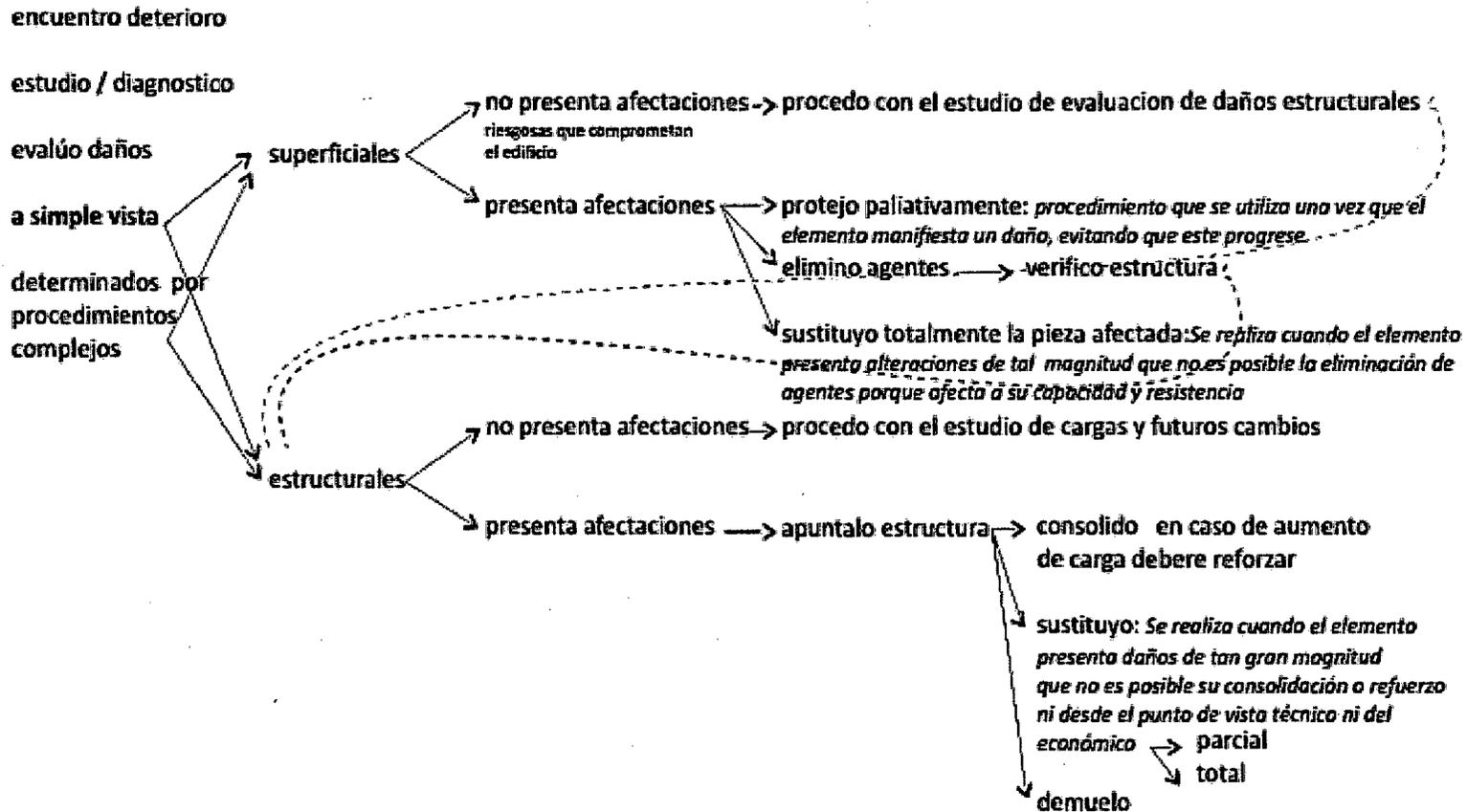


Figura 51. Esquema funcional de tratamiento. (Referencia Tutor :Jorge Shinca-Estudiantes :Pia Jelpo- Leticia padilla., 2009-2010, Patología en elementos estructurales de madera, hierro-acero y muros portantes cerámicos, Tesina .Bach. Paraguay ,36 P) .

a. Trabajo previo.

En este punto describiremos la preparación previa de los distintos elementos metálicos, para que luego puedan recibir su recubrimiento protector final.

Estos metales los ferrosos son los que con mayor asiduidad se manipulan en obra, su tamaño y peso difiere bastante de los metales no ferrosos y, si su función es estructural, exigen mucho cuidado en su manipulación, colocación y posterior protección.

La correcta preparación de la superficie de los metales, es un paso fundamental para prevenir fallos prematuros y aumentar la vida útil de los recubrimientos de protección.

Tanto es así, que suele dar mejores resultados un recubrimiento de calidad media aplicado sobre una superficie bien preparada, que otro de calidad excelente destinado a una superficie mal preparada.

i. Preparación mecánica.

Limpieza con llama.

Consiste en pasar, sobre la superficie de acero a pintar, un soplete oxiacetilénico a gran velocidad y altas temperaturas. Debido a la diferencia en los coeficientes de dilatación en comparación con el soporte de acero, la mayor parte del óxido y la cascarilla se desprenden y el resto se deshidrata.

Limpieza Por Chorreado Abrasivo

Implica impulsar pequeñas partículas de material abrasivo a gran velocidad mediante aire comprimido, vapor, agua, o discos centrífugos de manera que la materia extraña no deseada quede separada de la superficie. Estas partículas pueden ser de arena fina, perdigones o restos de acero, o puede tratarse de abrasivos sintéticos como carborundo o alúmina pero, en todo caso, conviene que sean uniformes en cuanto al tamaño de dichas partículas (y en lo posible que no sean grandes).

El tamaño de las mismas, así como la distribución de tamaños, resulta de importancia en los abrasivos más duros por incidir en la profundidad o rugosidad de la superficie.

El chorro de arena comprimido –pese a su elevado costo y a ciertas desventajas, en general es considerado un método de limpieza idóneo para la fase previa al pintado, ante todo porque elimina el óxido, la cascarilla y la pintura vieja hasta dejar el metal blanco.

ii. Preparación Química

➤ Limpieza con disolventes.

Limpieza por emulsión. Consistente en emplear un disolvente orgánico (queroseno o mineral spirit) junto con un agente emulsionante (jabón), de modo que la combinación se pueda diluir en agua y formar un medio de limpieza estable.

Disolventes alcalinos. Que van desde los álcalis propiamente dichos (soda cáustica y potásica) hasta los detergentes.

Disolventes ácidos. Inorgánicos como el fosfórico, combinado con disolventes de grasas (alcoholes) y agentes humectantes que rebajan la tensión superficial.

Si bien suelen usarse para limpiar superficies, sus efectos anticorrosivos no son del todo satisfactorios.

Disolventes Orgánicos. Los más empleados aunque algunos sean inflamables y tóxicos. Los más usados son : naftas, mineral spirit, white spirit, benceno, tolueno, xilenos, turpentina, hidrocarburos alifáticos y derivados halogenados.

b. Protección interna.

i. Protección catódica.

Es un tipo de protección consistente en el uso de corriente eléctrica para prevenir o reducir la velocidad de corrosión de un metal en un electrolito, haciendo que el acero actúe como cátodo y no se corroe.

Es fundamental que se especifiquen y se calculen correctamente los parámetros adecuados para la protección catódica de una estructura o instalación concreta; es importante también la vigilancia constante de los medidores y del buen funcionamiento en general. Se puede lograr una máxima eficacia utilizando además recubrimientos protectores, teniendo especial cuidado en su elección para evitar que sean atacados en condiciones alcalinas o que se formen ampollas.

c. Protección Externa.

i. Esmalte vítreo.

Este esmalte se realiza sobre piezas de acero o de hierro fundido, aplicando una mezcla formada por silicatos, fundentes y pigmentos para colorear que constituyen un recubrimiento duro y resistente a la corrosión.

Los cantos y ángulos deben ser redondeados para evitar que se fisure la superficie esmaltada, que resulta muy sencilla de limpiar.

ii. Galvanización en caliente del acero.

Se trata de un procedimiento muy eficaz y económico para proteger contra la corrosión a las superficies preparadas de hierro o acero y, por tanto, es ampliamente usado. Proporciona un recubrimiento muy duradero, formado por una capa de zinc y varias capas de aleaciones zinc hierro unidas metalúrgicamente al metal base. Sumergiendo elementos con la superficie bien preparada en un baño de zinc fundido, se logra que queden completamente cubiertos con un recubrimiento uniforme de unos 610 gr/m² (86 μ). Este grosor es una de las grandes ventajas de la galvanización en caliente, ya que la duración de los recubrimientos de zinc es directamente proporcional a su espesor.

El zinc fundido penetra en los ángulos, esquinas, costuras y remaches y protege todas aquellas zonas que son motivo de corrosión potencial si se utilizan otros sistemas de protección.

El periodo de tiempo durante el cual los recubrimientos galvanizados proporcionan protección al acero depende también del ambiente al que están expuestos. El zinc y sus aleaciones tienen una resistencia excelente a la corrosión atmosférica y a la que es provocada por la mayoría de las aguas naturales.

Esto es así, ante todo, porque sobre su superficie se forma una capa protectora que, en función de la naturaleza ambiental, puede estar compuesta por óxido de zinc insoluble, hidróxido de zinc y diferentes sales básicas de zinc.

Una vez formada, se reduce bastante la reacción entre el zinc y los agentes agresivos del medio y se consigue un recubrimiento de duración prolongada. En zonas industriales, la presencia de impurezas como dióxido de azufre y otros compuestos químicos permite la formación de sales básicas de zinc, que se disuelven por la lluvia y la humedad y dejan al zinc más expuesto al ataque. En condiciones de corrosividad extrema, entonces, se aconseja complementar el recubrimiento galvanizado con pinturas adecuadas.

El periodo de tiempo durante el cual los recubrimientos galvanizados proporcionan protección al acero depende también del ambiente al que están expuestos. El zinc y sus aleaciones tienen una resistencia excelente a la corrosión atmosférica y a la que es provocada por la mayoría de las aguas naturales.

Esto es así, ante todo, porque sobre su superficie se forma una capa protectora que, en función de la naturaleza ambiental, puede estar compuesta por óxido de zinc insoluble, hidróxido de zinc y diferentes sales básicas de zinc. Una vez formada, se reduce bastante la reacción entre el zinc y los agentes agresivos del medio y se consigue un recubrimiento de duración prolongada. En zonas industriales, la presencia de impurezas como dióxido de azufre y otros compuestos químicos permite la formación de sales básicas de zinc, que se disuelven por la lluvia y la humedad y dejan al zinc más expuesto al ataque. En condiciones de corrosividad extrema, entonces, se aconseja complementar el recubrimiento galvanizado con pinturas adecuadas.

iii. **Aplicación de pinturas.**

Un sistema durable implica una o más capas de protección activa y una o más capas de recubrimiento, que constituyen un último acabado. Es aconsejable recurrir a las imprimaciones anticorrosivas dentro del sistema para prevenir la corrosión, proteger al sustrato en roturas de la película de pintura, e impedir la extensión de la corrosión.

Las pinturas que se aplican sobre el acero suelen dividirse en dos clases:

Pinturas no pigmentadas (barnices, lacas y aceites secantes)

Recubrimientos pigmentados (imprimadores y capas de acabado) se emplean en sistemas de secado al aire o estufa a temperaturas moderadas.

El pintado se realiza en tres capas las que son:

Capa inicial: Imprimaciones Anticorrosivas.

Para complementar el efecto barrera dado por las pinturas de las capas más externas, estas imprimaciones anticorrosivas están pensadas para combatir la presencia de agua y oxígeno junto al acero.

Capas intermedias: Las Gruesas.

Las capas intermedias son más gruesas, y por lo general de aspecto mate o satinado. No suelen contener pigmentos anticorrosivos, y se emplean para aumentar el grosor del sistema y dejarlo más impermeable, así como para evitar las exfoliaciones. Las materias primas empleadas son similares a las de las imprimaciones.

Capas finales:

Acabado. En función del proceso de formación de película se clasifican en: Pinturas de Secado Físico (proceso evaporación de disolventes y entrelazado de macromoléculas del polímero) y Pinturas de Secado Químico (reacciones químicas: unión entre macromoléculas de resinas).

➤ **Empleo de los sistemas de pintura para acero**

Pinturas al aceite.

Particularmente apropiado para estructuras expuestas a la intemperie. Poca resistencia a ambientes químicos, inmersión en agua, condensaciones, atmósferas salinas o muy corrosivas, humedad elevada, temperaturas altas, abrasión y condiciones enterradas.

En general se recomienda su utilización en ambientes rurales, urbanos, marinos e industriales medios y en zonas de humedad moderada.

Pinturas alquídicas.

Se aplica principalmente a aceros estructurales expuestos a condiciones atmosféricas industriales, rurales o marinas, así como zonas de alta humedad.

No son adecuadas para ambientes químicos especialmente corrosivos, inmersión en agua, abrasión severa y estructuras enterradas.

Pinturas fenólica.

Especialmente apropiado para aceros estructurales que han de permanecer sumergidos en agua, zonas de alta humedad en las que se prevén condensaciones, y para exposición a la intemperie en ambientes químicos de Corrosión moderada.

Pinturas vinílicas.

Para condiciones ambientales muy severas, inmersión en agua dulce o salada, alta humedad y condensaciones.

Resisten al fuego y a los ambientes químicos corrosivos, pero son atacadas por disolventes orgánicos aromáticos, cetonas, éteres ésteres, así como por ácido nítrico fumante, ácido sulfúrico del 98% y ácido acético.

Pinturas ricas en Zinc

Estas pinturas representan un gran avance en la protección contra la corrosión, vienen a ser un suplemento de la protección galvánica. Son adecuadas para zonas de humedad elevada, marina y química corrosivas. Pueden incluso utilizarse en estructuras que permanecen sumergidas en agua

dulce, y también resisten sumergida en agua salada con una capa de acabado adecuada.

d. Eliminación de agentes.

i. Corrosión.

El riesgo de corrosión anticipada depende de su situación en la estructura y del medio ambiente dónde se encuentra el edificio.

La primera acción que debe llevarse a cabo es la eliminación de la causa, sellando las posibles vías de entrada de agua o humedad con algún material como siliconas.

Seguidamente se actúa sobre la pieza, para lo cual se puede proponer una serie de intervenciones generalizadas:

Ambiente Agresivo.

Preparación de la superficie con chorro de arena hasta grado Sa-2 "casi metal blanco"

Sa.2 Chorreado minucioso. Se quita casi toda la capa de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas. La superficie se limpiará con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio.

Deberá adquirir un color grisáceo.

Imprimación epoxi rica en zinc, con espesor 22μ de la capa de película seca.

Capa gruesa intermedia epoxi con un espesor de 75μ de película seca.

Esmalte epoxi en acabado de 35μ de espesor .

Ambiente medianamente agresivo.

St.3 raspado, cepillado manual con cepillo de acero ,cepillado a máquina ,esmerilado a máquina etc. de una manera minuciosa . Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un claro brillo metálico.

Imprimación con cloro caucho, con espesor 30-35 μ de la capa de película seca

Capa gruesa intermedia de cloro caucho con un espesor de 40 μ de película seca

Capa de acabado de cloro caucho con 30-35 μ de espesor de pintura seca

Ambientes neutros.

St.2 raspado, cepillado manual con cepillo de acero ,cepillado a máquina, esmerilado a máquina , etc. de una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un suave brillo metálico.

Imprimación antioxidante de óxido de hierro o minio de plomo electrolítico al aceite 35 μ .

Dos manos de acabado con esmalte sintético o de aluminio (35 μ cada capa).

e. Refuerzo de la estructura.

Refuerzo en vigas.

- i. **Disminuir Solicitaciones**, se debe apuntalar.
- ii. **Solicitados a momento flector.**

El método de refuerzo más eficaz es la colocación de Platabandas en las cabezas, a lo largo de una longitud equivalente a la longitud teórica (del diagrama de momentos) más dos veces el ancho de la chapa (una para cada lado), para permitir el anclaje. En caso de que existan otros elementos por encima (entrepisos, cubiertas, etc.) habrá que recurrir a colocar el refuerzo por debajo del ala superior. En general, basta con que la longitud del refuerzo sea igual a $\frac{3}{4}$ de la luz del tramo correspondiente, sin que llegue a los apoyos. Puede ser suficiente colocar únicamente la platabanda inferior, sólo en casos de pequeñas cargas o si es por motivos de deformabilidad.

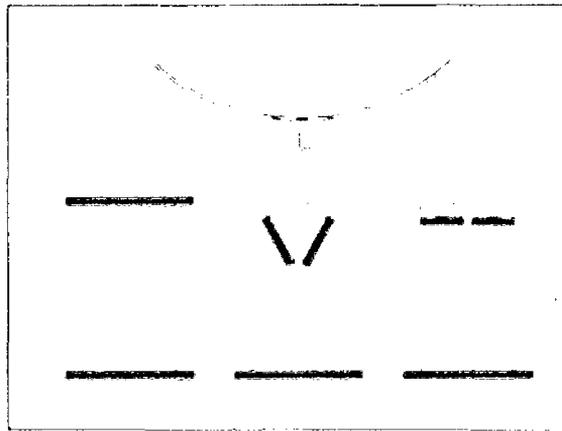


Figura 52. Colocación de la platabanda. (Referencia Tutor: Jorge Shinca-
Estudiantes :Pia Jelpo- Leticia padilla., 2009-2010, Patología en
elementos estructurales de madera, hierro-acero y muros portantes
cerámicos, Tesina .Bach. Paraguay ,36 P).

Otro método consiste en la colocación de una cabeza de compresión sobre la viga con sus conectores correspondientes, convirtiéndose en una viga mixta. Es un procedimiento especialmente indicado cuando hay un aumento en la sobrecarga de uso.

Esta solución es bastante sencilla en el caso de vigas sobre las que apoya un entrepiso.

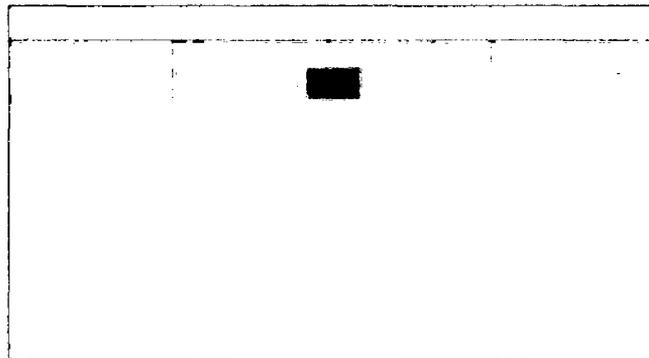


Figura 53. Cabeza de compresión. (Referencia Tutor: Jorge Shinca-
Estudiantes: Pia Jelpo- Leticia padilla., 2009-2010, Patología en
elementos estructurales de madera, hierro-acero y muros portantes
cerámicos, Tesina .Bach. Paraguay ,36 P).

iii. Solicitados a cortante.

El medio más común es el de adosar chapas del espesor necesario. Lo ideal es colocar una a cada lado para mantener la simetría, pero se suele colocar una sola chapa de espesor doble, para acceder sólo por un lado lateral y reducir los cordones de soldadura. En caso de que el material no sea soldable será necesario acceder a las dos caras para los tornillos, así que se coloca una chapa a cada lado.

Otra solución es convertir la viga de doble T en un CAJÓN con dos o tres almas, según las chapas que se coloquen. Esto tiene el problema de que las uniones de apoyos son difíciles, aparte de que el original queda cubierto, de modo que a la intemperie el cajón tiene que ser estanco porque no podrá pintarse.

Se colocarán rigidizadores en caso de que las almas resistan esfuerzos cortantes, pero su esbeltez sea excesiva. Se colocan generalmente por un solo lado, excepto en caso de unión atornillada. Si se trata de cargas concentradas en la cara superior, deberían unirse.

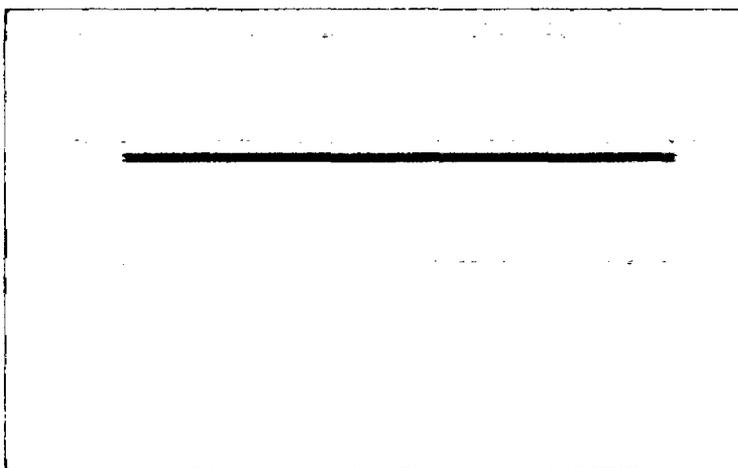


Figura 54. Solución a solicitaciones a cortante. (Referencia Tutor: Jorge Shinca-Estudiantes: Pia Jelpe- Leticia padilla., 2009-2010, Patología en elementos estructurales de madera, hierro-acero y muros portantes cerámicos, Tesina .Bach. Paraguay ,36 P).

iv. Nuevo sistema de vigas.

Sistema similar al de apuntalamiento, aplicable a todas las piezas que trabajan a compresión, o a las traccionadas cuando tengan una esbeltez excesiva. Es empleado especialmente en el caso de un emparrillado de vigas, en los que el apoyo puede producirse sobre una viga o sobre viguetas. La misma filosofía de refuerzo se aplica para obtener la continuidad de una serie de vigas que estén en línea simplemente apoyadas.

El acero trabaja muy bien en estos casos, puesto que resiste lo mismo a tracción y a compresión.

v. Refuerzo de las secciones.

Resulta económico y eficaz el refuerzo mediante el aumento de canto de la viga mediante un perfil en T, obtenido a partir de un doble T, con medios perfiles de I o H. En caso de que el acero no sea soldable el refuerzo se hará mediante tornillos, o con la sustitución de algún elemento de la sección por otro de mayor área. Si la pieza es continua y el problema es de tensiones, los puntos más desfavorables serán los apoyos, en cuyo caso debemos reforzar precisamente la zona contigua a los mismos (1/5 de la luz a cada lado del apoyo)

En caso de que no se pueda aumentar el canto habrá que colocar una viga complementaria al lado de la actual y comprobar que el conjunto sea capaz de resistir el incremento de carga, y que tengan una rigidez similar entre las vigas y suficiente para absorber la flecha.

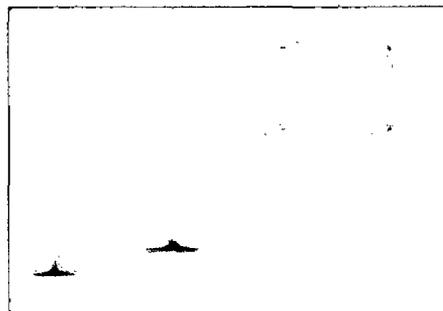


Figura 55. Aumento de canto mediante un perfil T. (Referencia Tutor :Jorge Shinca-Estudiantes :Pia Jelpe- Leticia padilla., 2009-2010,

Patología en elementos estructurales de madera, hierro-acero y muros portantes cerámicos, Tesina .Bach. Paraguay ,36 P).

vi. Soportes metálicos

El procedimiento habitual es el de adosar chapas o perfiles. La posición del refuerzo dependerá de la sección transversal y de la posición de las vigas, siempre tener el cordón de soldadura alejado del eje del pilar, de modo que resista más la compresión y los posibles flectores. En caso de que las vigas que apoyan estén en una sola dirección, los refuerzos se colocarán en caras paralelas a esa dirección. En caso de que haya vigas en dos direcciones, los refuerzos no deberían interferir con las vigas, pues sino se complica.

vii. En uniones

En uniones roblonadas es frecuente que se presenten problemas de corrosión, con la formación de gruesas capas de óxido entre los elementos que componen la sección.

El aumento de volumen separa las piezas, rompiendo los roblones por tracción. En estos casos, el método más sencillo es sustituir los roblones o tornillos por tornillos de alta resistencia del mismo diámetro, preferentemente, siempre que el aumento de carga pueda ser absorbido por los tornillos y por la base.

Si no puede aumentarse el diámetro del agujero para un tornillo mayor, o aumentar el número de tronillos, manteniendo una separación suficiente entre agujeros. Eliminar el óxido que existe entre elementos.

En uniones de viga-soporte se puede reforzar aumentando el canto del alma por debajo del ala inferior, y uniendo allí con el soporte o colocando una ménsula.

En caso de ser soldable, se puede reforzar mediante cordones de soldadura, de modo que las cargas posteriores al refuerzo se transmitan exclusivamente a los tornillos de alta resistencia .

Aumento del canto mediante ménsula Para cordones de soldadura en ángulo, el refuerzo habitual es el aumento de longitud del cordón o el grosor del cuello de soldadura.

En el caso de uniones de vigas con un soporte también metálico en los extremos se puede reforzar aumentando el canto por debajo, y uniéndola al soporte mediante una ménsula.

viii. Sustitución de la estructura.

Las reparaciones por oxidación o corrosión se realizarán mediante la sustitución de elementos que han tenido pérdidas en el área de su sección, mediante reemplazo de remaches y pernos, en su caso, o eliminación de las zonas deterioradas del recubrimiento mediante la preparación de la base y una adecuada ejecución del recubrimiento, de esta forma se evitará el contacto de las estructuras de acero con oxígeno y la humedad, y la entrada de agua al interior.

Antes de cualquier sustitución se debe apuntalar la estructura, de la manera mas adecuada de acuerdo a cada caso.

En muchos de los casos es necesario retirar parte de la estructura que cubre o es sostenida por esta viga, una vez despejada el área y desviada la descarga es posible retirar el perfil que se debe quitar.

La sustitución es en muchos casos la solución más segura, y también la más radical, se hacen presente los problemas de descargas y nuevas cargas de la estructuras. En el caso de las estructuras de aceros las sustituciones en caso de ser parciales se realizan en su mayoría con el mismo material (acero) mediante soldado de las piezas o mediante roscado en situaciones especiales. Los procedimientos para transmitir las cargas mientras se realiza la sustitución puede variar de acuerdo a la situación de la estructura.

soportes por gatos oleodinamicos

Los conectores roscados nos dan más seguridad que las soldaduras.

Las técnicas de soporte por gatos oleodinámicos han recibido un fuerte impulso de la mano de la informática, se trata normalmente de equipos solo disponibles en obras de cierta envergadura. Los apeos convencionales, aparentemente más asequibles, exigirán un control intensivo y deberán ser cuidadosamente diseñados y dimensionados. En cualquier caso, no conviene retirar un elemento hasta que su reemplazante está en servicio. La sustitución parcial de una sola pieza resultará mucho más fácil, tanto por la escala de la pieza como por la facilidad del apeo.

CAPÍTULO

III.

MATERIALES Y MÉTODOS.

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DEL COLISEO MULTIUSOS DE CAJAMARCA

A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.

Distrito : Cajamarca.
Provincia : Cajamarca.
Departamento : Cajamarca.

La estructura metálica se encuentra ubicada en el Complejo Gran Capac Ñan en Cajamarca, frente a la Universidad Nacional de Cajamarca- Carretera Baños del Inca.

B. PROCESO REALIZADO EN EL ESTUDIO PATOLÓGICO.

a) Plan de intervención del estado actual de la estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

Objetivos

El presente plan tiene el siguiente objetivo:

Contener de una manera detallada pasó a paso to el proceso que se va realizar en la evaluación patológica de la estructura metálica del techo del coliseo multiuso de Cajamarca.

La evaluación.

Para la evaluación correspondiente se planteó los siguientes pasos a seguir:

i. Inspección e información escrita del estado actual de la estructura.

Objetivos:

Observación el estado actual de la estructura metálica.

Presentación de Informe.

El informe constará de lo siguiente:

Estado actual del Anillo Central: En este anillo se debe observar el montaje, calidad de pernos y calidad de soldadura.

Estado actual de las articulaciones del anillo 1 con los anclajes a los dados de concreto; en estas articulaciones se debe valorar el estado y la calidad de: pernos, soldadura, planchas.

Estado actual de las uniones en los anillos 2, 3, 4 y 5; en estas uniones se debe valorar el estado y la calidad de: pernos, soldadura, planchas.

Estado actual de las vigas. Se debe de observar, unión entre vigas en las armaduras principales empernadas, calidad de pernos, calidad de soldadura.

Colocado de templadores y arriostres. Se debe de observar la colocación correcta para que cumplan sus funciones.

Observación del estado actual de la estructura metálica en:

Empernado en unión de armaduras: En los emplaques se debe:

Chequear su calidad y dimensiones según lo especificado.

Chequear ubicación de orificios, según lo especificado en los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación.

Chequear las tuercas, arandelas, anillos de presión y contratuerkas en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Soldado: En los elementos soldados se debe:

Chequear tipo y calidad, que garantice su capacidad de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Chequear si existen grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas e impurezas.

Pintado: En el pintado se debe.

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de estructuras.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida proyectado.

ANILLOS 2, 3 y 4.

Uniones de anillos.

Empernado: En los elementos de empernado se debe:

Chequear su calidad y capacidad de resistencia según lo especificado.

Chequear ubicación de orificios, según lo especificado en los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación.

Chequear que la longitud sea la adecuada para que cumpla con su función y en conformidad a lo especificado en los planos del Expediente Técnico.

Chequear tuercas, arandelas, anillos de presión y contratueras en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Soldadura: En los elementos soldados se debe:

Chequear tipo y calidad, que garanticen su capacidad de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Chequear si existen grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas e impurezas.

Pintado: En el pintado se debe.

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de estructuras.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida útil proyectada.

Longitud: Se debe:

Chequear longitudes, conforme a las especificaciones del expediente técnico.

Chequear diámetros, conforme a las especificaciones del expediente técnico.

Soldado: En los elementos soldados se debe

Chequear tipo y calidad, que garanticen su capacidad de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Chequear si existen grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas impurezas, etc.

VIGAS DE SECCION "C", DE SOPORTE DE COBERTURA.

Longitud: debe:

Chequear dimensiones (la longitud y espesor) con la especificada en los planos del expediente considerando su ubicación.

Chequear ubicación de orificios, según lo especificado en los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación.

Empernado: En el empernado de los elementos se debe:

Chequear calidad y capacidad de resistencia según lo especificado.

Chequear ubicación de orificios, según lo especificado en los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación.

Chequear longitud. Debe ser adecuada para que cumpla con su función y conforme se especifica en los Planos del Expediente.

Chequear tuercas, arandelas, anillos de presión y contratuerzas en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Soldado: En los elementos soldados se debe:

Chequear tipo y calidad, que garantice su capacidad de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Chequear si existen grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas impurezas, etc.

Chequear las tuercas, arandelas, anillos de presión y contratuerzas en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Pintado: En el pintado se debe

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de estructuras.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida que se considera en más de cincuenta años y en todo caso que su reparación sea mínima.

EL ANILLO CENTRAL

El anillo central por ser la parte estructural más importante del sistema, será debidamente evaluado como primera prioridad.

Izado y montaje: Se debe:

Chequear la unión correcta de vigas, en conformidad con lo especificado en los planos del expediente técnico.

Vigas conformantes: Se debe:

Chequear sus dimensiones (longitud y espesor) con la especificada en los planos del expediente considerando su ubicación.

Chequear su calidad y capacidad de resistencia según lo especificado,

Soldado: En los elementos soldados se debe:

Chequear tipo y calidad, que garantice su capacidad de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación,

Chequear si existen grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas impurezas, etc.

Pruebas de calidad de soldadura: Se debe hacer con carácter de obligatoriedad.

Chequear la calidad, usando métodos no destructivos adecuados según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Pintado: En el pintado se debe:

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de estructuras.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida que se considera en más de cincuenta años y en todo caso que su reparación sea mínima.

Llegada de armaduras principales: En la llegada de las armaduras con las vigas que conforman el anillo central se debe:

Chequear ubicación de llegada.

Chequear la capacidad de resistencia y rigidez para transferir fuerzas de los elementos de la armadura principal a las vigas del anillo central.

Chequear la calidad de soldadura que garantice su capacidad de resistencia para la transferencia de fuerzas.

EL ANILLO 1

El primer anillo está conformado por las articulaciones ubicadas en los bloques de concreto y también se consideran la parte estructural importante del sistema por recibir fuerzas resultantes en cada uno de estos puntos correspondientes a las 24 armaduras principales. Se considera como segunda prioridad para evaluarlo y luego reforzarlo o repararlo.

Ubicación: Se debe:

Chequear ubicación actual de acuerdo con el expediente técnico.

Elementos conformantes: Se debe:

Chequear calidad, diámetro, longitud del eje de la articulación.

Chequear calidad de los pernos de la articulación.

Chequear número, dimensiones y calidad de los pernos que fijan las placas con los bloques de concreto.

Chequear dimensiones (la longitud y espesor) de las planchas con la especificada en los planos del expediente considerando su ubicación.

Chequear su calidad de colocación de las planchas que conforman la articulación.

Soldado: En los elementos soldados se debe:

Chequear tipo y calidad, que garantice su capacidad de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Chequear si existen grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas impurezas, etc.

Pruebas de calidad de soldadura: Se debe y, con carácter de obligatoriedad.

Chequear la calidad, usando tintes penetrantes que nos garantice la aplicabilidad y de resistencia según lo especificado en los planos estructurales y de fabricación.

Empernado: En los elementos empernados se debe:

Chequear su calidad y capacidad de resistencia según lo especificado.

Chequear ubicación de orificios, según lo especificado en los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación,

Chequear su longitud. Debe ser adecuada para que cumpla con su función y como mínimo debe estar conforme se especifica en los Planos del Expediente.

Chequear las tuercas, arandelas, anillos de presión y contratueras en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Pintado: En el pintado se debe:

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de estructuras.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida que se considera en más de cincuenta años y en todo caso que su reparación sea mínima.

Llegada de armaduras principales: En la llegada de las armaduras a los apoyos que conforman la articulación se debe:

Chequear la suficiencia en lo que corresponde a la capacidad para transferir las fuerzas de los elementos de la armadura principal a los apoyos, según lo especificado en los planos del expediente.

Chequear la calidad de soldadura que garantice su capacidad de resistencia para la transferencia de fuerzas.

ARRIOSTRES:

Los arriostres cumplen una función específica de impedir deformaciones o desplazamientos de vigas principales de gran altura y, por tanto, se debe:

Chequear tamaño y dimensiones los elementos que conforman los apoyos.

Chequear la ubicación y alineamiento de los apoyos conforme a los planos del expediente técnico.

Chequear diámetros de las varillas.

Chequear longitud.

Chequear el templado adecuado.

Empernado: En los elementos empernados debe.

Chequear calidad y capacidad de resistencia según lo especificado.

Chequear ubicación de orificios, según lo especificado en los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación.

Chequear la longitud de rosca. Debe ser adecuada para que cumpla con su función y como mínimo debe estar conforme se especifica en los Planos del Expediente.

Chequear las tuercas, arandelas, anillos de presión y contratueras en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Pintado: En el pintado se debe:

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de elementos.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida.

TEMPLADORES

Los templadores cumplen las siguientes funciones:

Nivelar las vigas en su longitud para el asiento de la cobertura

Evitar el pandeo por torsión de la sección de vigas

Permitir que las vigas transmitan las fuerzas de cobertura directamente a las armaduras principales

Los templadores deben de:

Chequear la ubicación perpendicular a las vigas.

Chequear diámetros de las varillas.

Chequear longitud.

Chequear el templado adecuado.

Empernado: se debe:

Chequear su calidad y capacidad de resistencia según lo especificado,

Chequear ubicación de los orificios, según lo especificado en detalles de los planos estructurales del expediente y en los planos de fabricación,

Chequear la longitud de rosca. Debe ser adecuada para que cumpla con su función y como mínimo debe estar conforme se especifica en los Planos del Expediente.

Chequear las tuercas, arandelas, anillos de presión y contratueras en conformidad con los planos estructurales y de fabricación.

Pintado: el pintado debe:

Chequear la calidad de pintura según especificación para este tipo de elementos.

Chequear la aplicación y calidad que garantice su capacidad de protección contra la corrosión durante su tiempo de vida.

ii. Toma de datos, análisis de los datos y diagnóstico.

Toma de datos.

Inspección Previa, en la que se recogerá el máximo de datos referentes a la propiedad, al autor del edificio y al inmueble.

Documentación, Conviene realizar croquis y reportajes fotográficos.

Levantamiento Planimetrico, del edificio incluyendo planta, alzados, secciones, detalles constructivos, mapas de lesiones, etc.

➤ **Análisis de datos.**

Terminada la toma de datos directa, y estando en posesión de los resultados de posibles ensayos de laboratorio, iniciara la reconstrucción de los hechos, es decir, tratar de conocer cómo se ha desarrollado el proceso patológico, cuál ha sido su origen y sus causas, cuál su evolución y cuál es su estado actual.

➤ **Diagnóstico.**

Resultado de la Inspección. Debe contener toda la información recolectada durante la inspección (Resultados de ensayos necesarios: físicos y/o químicos, Realización la evolución chequeo del diseño estructural de la estructura vía modelamiento estructural) con descripción detallada y con conclusiones de las fallas detectadas.

iii. Intervención

La actuación esta actividad depende del diagnóstico para que se planifiquen el reforzamiento y reparación paralelas por ser una estructura nueva y mantenimiento.

b) Observación.

Se detectó defectos constructivos en:

- i. **En el anillo central:** En este anillo se observó fallas en, el empernado (longitud de pernos no de acuerdo con lo especificado en los planos) y en la soldadura (grietas, mordeduras, discontinuidad, burbujas e impurezas, etc), falta de reforzamiento.

- ii. **En las articulaciones del anillo 1 con los anclajes a los dados de concreto.**
Se observó la presencia de ojos chinos en las planchas y fallas en la soldadura (discontinuidades, falta de soldadura).
- iii. **En las uniones en los anillos 2, 3, 4 y 5.** En las uniones se observó la falta de pernos y fallas en la soldadura.
- iv. **En las vigas.** Se observó, fallas en la separación del extremo de vigas C, desnivel entre vigas, mala distribución de esfuerzos sobre cartelas, fallas en de soldadura y presencia de corrosión.
- v. **En los templadores y arriostres.** Se observó templadores no perpendiculares a las vigas C, rosca de cada extremo de templadores y arriostres son muy angostas, falta tuercas, arandelas, anillos de presión y contratueras en conformidad con los planos estructurales y de fabricación y en los arriostres que están instalados se observó que las pegas están traslapadas lateralmente y de manera defectuosa. .

c) Toma de datos

i. Inspección previa.

➤ **Descripción de la obra.**

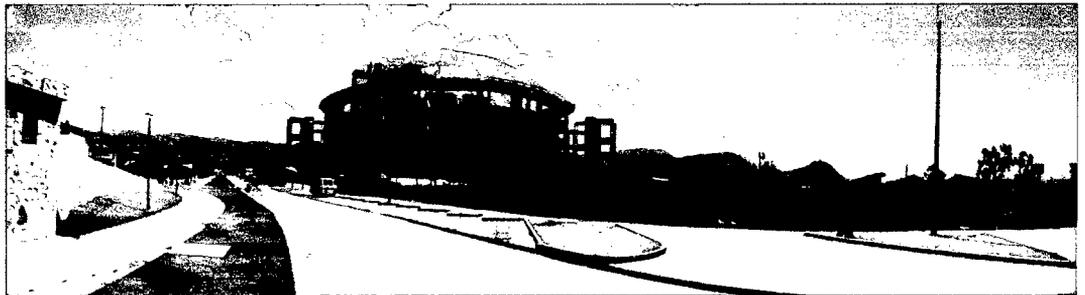


Figura 1. Coliseo multiuso de Cajamarca

El coliseo multiusos de la ciudad de Cajamarca es una estructura diseñada para albergar a 8.000 personas cómodamente sentadas, de cuatro niveles y un nivel de mezanine, que llegan a una altura de 25.30 metros, y una cobertura de techo metálico que llega a los 47 metros. En cada nivel de piso el coliseo cuenta con comercios, módulos deportivos, control de entrada y salida, ocho baños por cada nivel, etc. El coliseo también está pensado para

que los discapacitados puedan disfrutar del mismo porque cuenta con rampas de acceso y ascensores. El proyecto además cuenta con cuatro torres de escalera para el acceso a todos los niveles y un área de estacionamiento y jardines.

La estructura metálica está conformado por un conjunto de elementos de acero A-36 que unidos forma una malla espacial un domo esférico que es eficiente estructuralmente y económica, los domos son excelentes resistiendo cargas simétricas, pero pueden tener desbalance de esfuerzos y llegar a la falla ante carga asimétrica. Se utilizaron 24 armaduras de arco, vigas tipo C, anillos 1, 2, 3,4, anillo central, templadores y arriostres.

Elementos Techo Coliseo Multiusos de Cajamarca

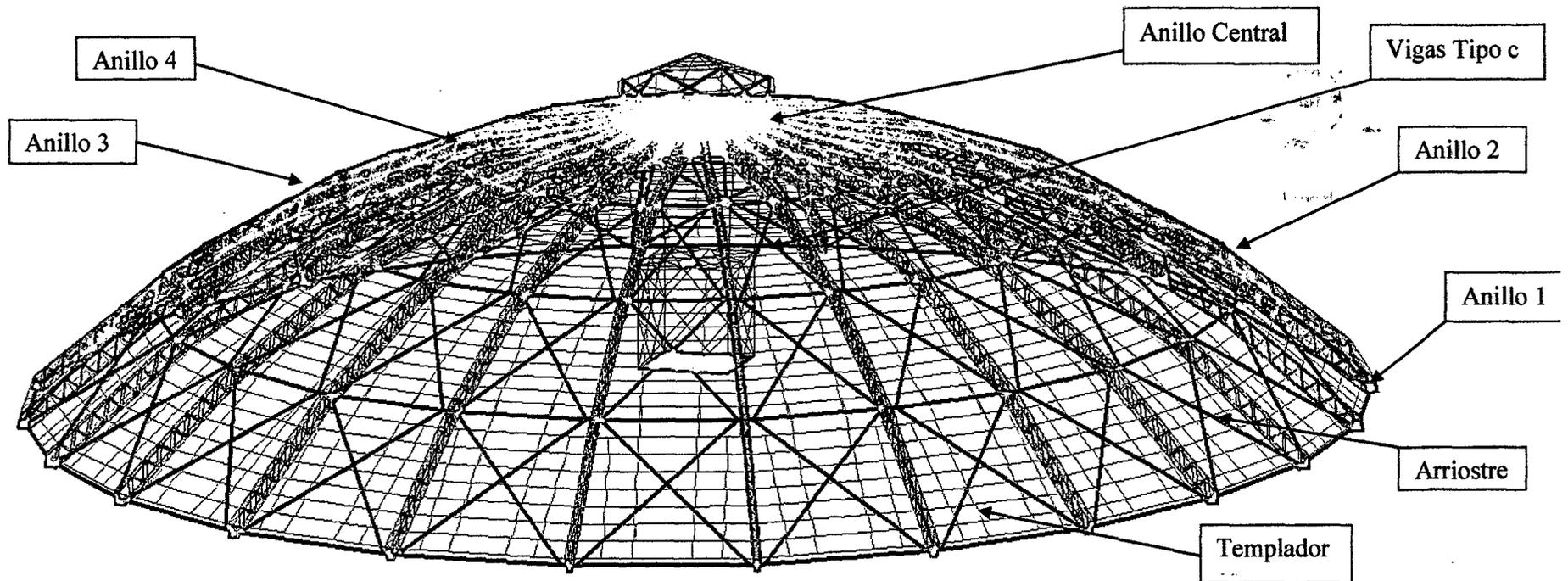


Figura 2. . Vista tridimensional del techo del Coliseo Multiusos diseñado en el AutoCad.

➤ **Concepción estructural.**

Anillo central. El anillo central sirve de llegada para las armaduras de arco, cada armadura de arco se halla encajonada al anillo central, transmitiéndole los esfuerzos. Este también permite un proceso constructivo mejor, pues evita la intersección de las 24 armaduras de arco.

El anillo central recibe la fuerza compresora proveniente de las armaduras de arco de forma excéntrica, produciéndose sobre esta un momento flector y una fuerza de compresión

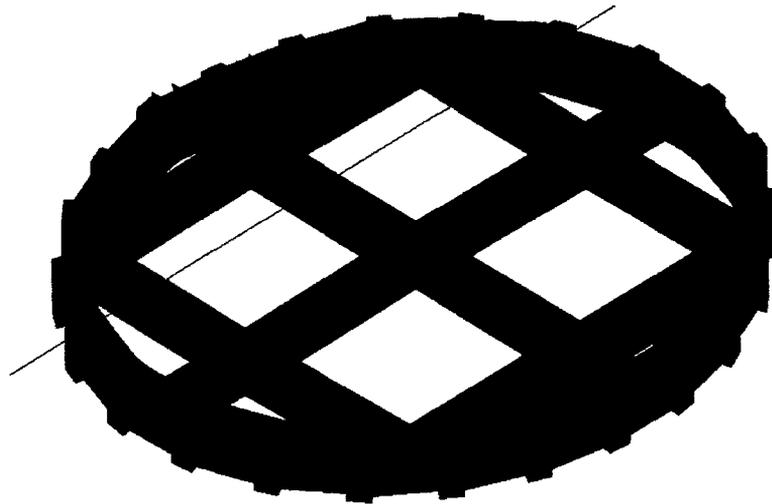


Figura 3. Viga tubular rectangular del anillo central de planchas de acero A-36.

Vigas tipo C. Las viguetas están formadas por canales en forma de C. A la vez se colocaron templadores entre las viguetas que reducen la esbeltez y fijan las viguetas, para evitar el pandeo flexo - torsional. Las viguetas se encuentran colocadas sobre los nodos de la armadura emperrada sobre cartelas Pl -1/4 y soportaran la cobertura.

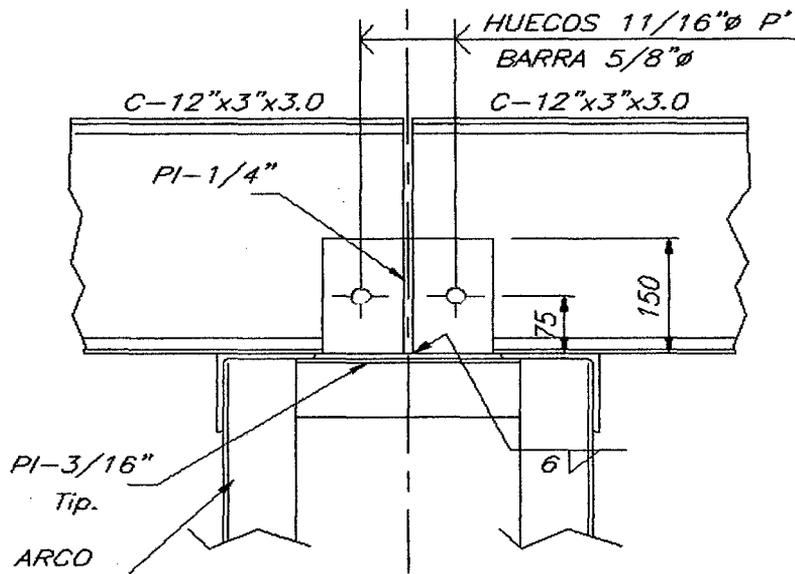


Figura 4. Detalle del anclaje de las Vigas c sobre el arco.

Armaduras de arco. Son 24 arcos que conforman la estructura y su sección se mantiene constante, parten desde el apoyo y van hasta el anillo central y soportan las vigas "C".

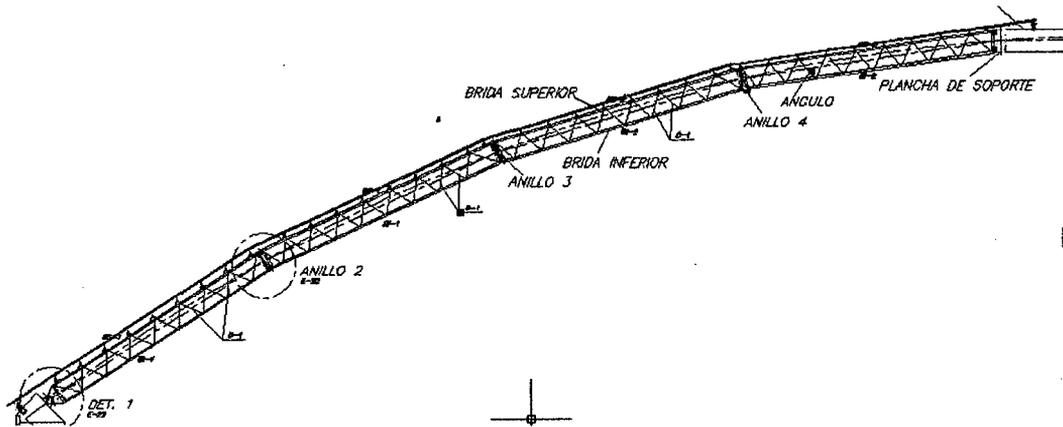


Figura 5. Vista en perfil de un arco completo hasta la llegada al anillo central.

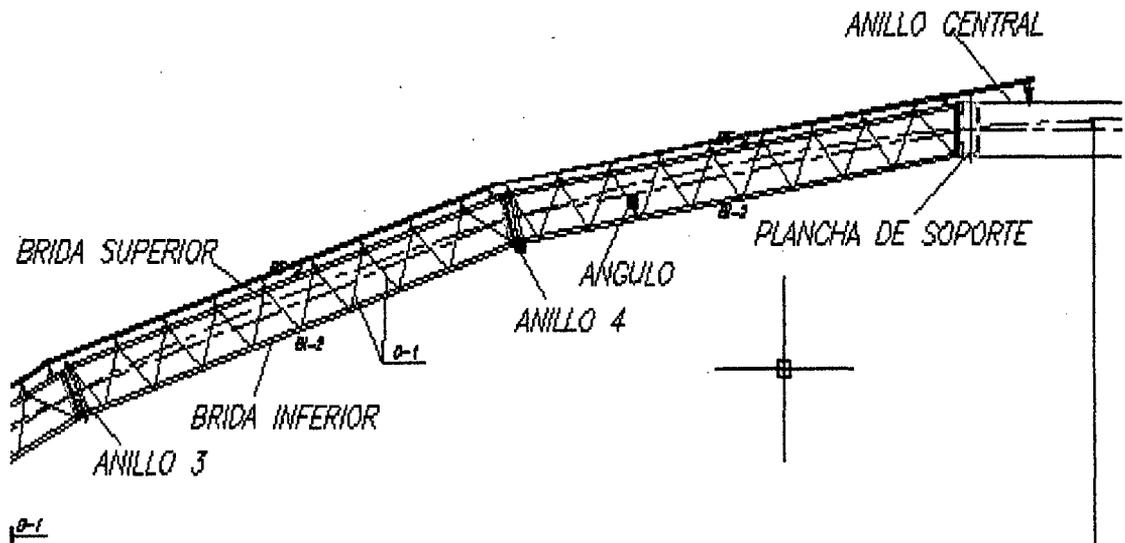


Figura 6. Parte superior de las armaduras de arco. Se observa la conexión con el anillo de compresión y los elementos que lo conforman.

Apoyos. Los apoyos de la armadura son a modo de rótulas, estas permiten el giro con respecto al pin. Los apoyos tienen un anclajes de acero sobre el cual se ha colocado una placa, y distribuye los esfuerzos de las armaduras a los dados de concreto

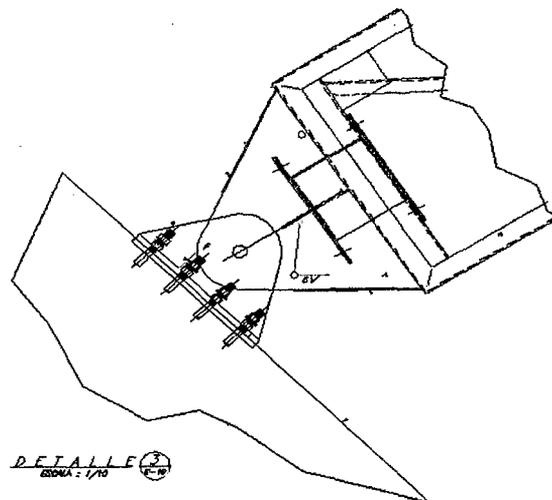


Figura 7. Esquema del apoyo colocado sobre la armadura, a la vez este transmite carga a los dados de concreto.

Arriostres. Los arriostres cumplen una función específica de impedir deformaciones o desplazamientos de vigas principales de gran altura.

Templadores.

Los templadores cumplen las siguientes funciones:

Nivelar las vigas en su longitud para el asiento de la cobertura.

Evitar el pandeo por torsión de la sección de vigas.

Permitir que las vigas transmitan las fuerzas de cobertura directamente a las armaduras principales.

➤ **Autor de la estructura**

La arquitectura del techo metálico del coliseo multiusos de Cajamarca, ha sido proyectados y diseñado por el arquitecto y urbanista Augusto Ortiz de Zevallos.

➤ **Antecedentes históricos de la construcción del techo.**

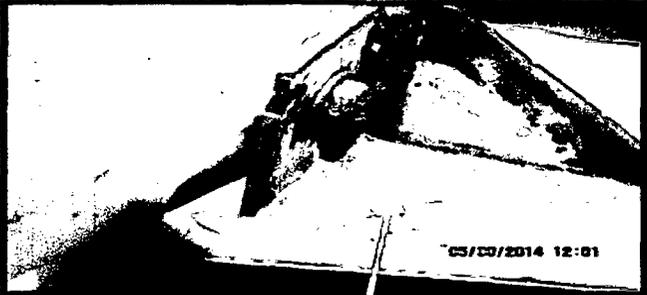
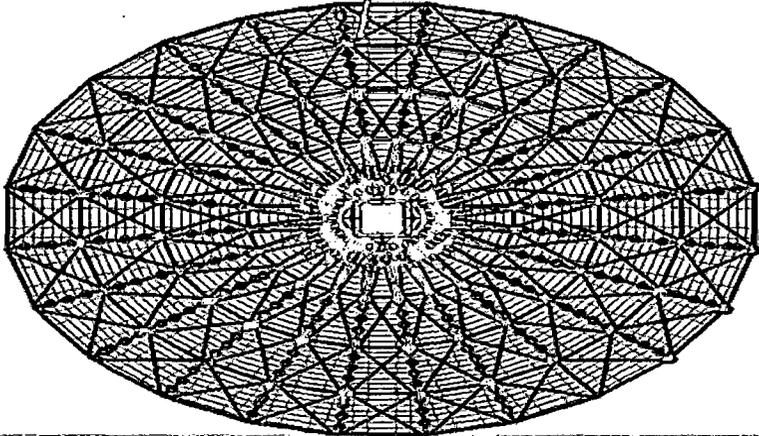
La empresa a cargo de la construcción del techo del coliseo multiuso de Cajamarca fue el consorcio FRONOCA, que atravesó un arbitraje con la municipalidad de Cajamarca al presentarse algunos inconvenientes en el expediente técnico dejando abandonados los trabajos. Lo que ha obligado a disolver el contrato con esta empresa el 23 de mayo del 2013 dejando al techo con todos sus elementos estructurales montados pero con bastantes defectos constructivos y a la intemperie por un año en la que inicio la culminación del techo coliseo multiusos de Cajamarca a cargo de la inmobiliaria INMOCASA

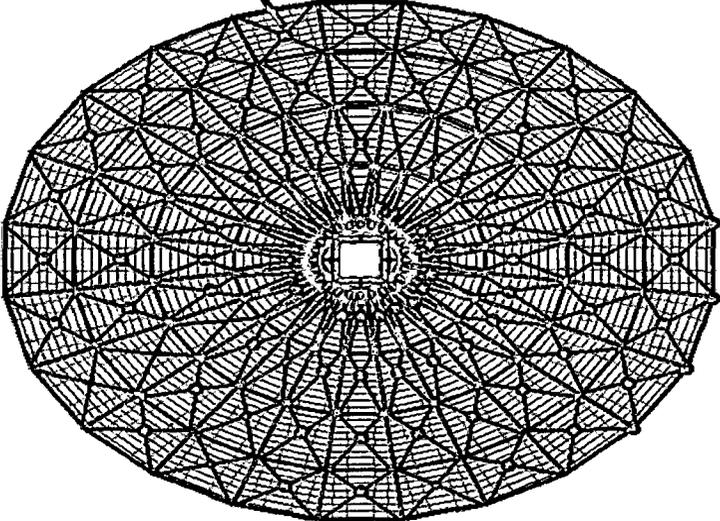
CAPÍTULO

IV • PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

A. ANÁLISIS DEL PROCESO.

De la observación se detectó las fallas y se inició con la reconstrucción de los hechos, se detectó la cantidad de elementos afectados, el tipo de causas y analizamos y discutimos las patologías que pueden causar en las siguientes fichas que se presentan a continuación.

FALLA		DESALINIAMIENTO DE CARTELAS	NIVEL DE RIESGO	ALTO	FICHA: 1
ELEMENTOS AFECTADOS		ANCLAJES DE LAS VIGAS C	TIPO DE CAUSA	INDIRECTA(EJUCUCION)	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS		217	PLANO DEL ESTUDIO	MAPA DE FALLAS	
IMAGEN DE MUESTRA			DESCRIPCION DE LA FALLA		
 <p>05/03/2014 12:01</p>			<p>Se observa la mala distribución de esfuerzo de las vigas tipo c sobre la cartela y cordones de soldadura con presencia de oxidación y discontinuidad.</p>		
			LESIONES QUE PUEDE CAUSAR		
			<p>Pandeo rotacional de las vigas C. Rotura en los pernos.</p>		
			<p>ESTRUCTURA DE TECHO, ARCOS Y ANILLOS</p> <p>Desaliniamiento de cartelas</p> <p>Esta imagen de localización está más detallada en plano de mapas de fallas.</p>		

				FICHA:
FALLA	TRASLAPE LATERAL DE ARRIOSTRE	NIVEL DE RIESGO	ALTO	2
ELEMENTOS AFECTADOS	ARRIOSTRE	TIPO DE CAUSA	INDIRECTA(EIUCUCION)	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS	96	PLANO DEL ESTUDIO	MAPA DE FALLAS	
IMAGEN DE MUESTRA		DESCRIPCION DE LA FALLA		
		Se observo los arriostres que están instalados tienen las pegas lateralmente y de manera defectuosa lo que generaria que se despegue la soldadura y el arriostre no cumpla su funcion		
		LESIONES QUE PUEDE CAUSAR		
		Desnivel de las vigas principales. Deformacion de las vigas principales		
 <div data-bbox="1345 840 1884 900" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">ESTRUCTURA DE TECHO, ARCOS Y ANILLOS</div> <div data-bbox="1310 984 1884 1059" style="display: inline-block; vertical-align: middle;">  → Traslape Lateral De Arriostre </div> <div data-bbox="1267 1103 1884 1223" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Esta imagen de localización está más detallada en el plano de mapa de fallas.</div>				

FICHA:

3

FALLA	LONGITUD DE ROSCA MUY ANGOSTA	NIVEL DE RIESGO	ALTO
ELEMENTOS AFECTADOS	TEMPLADOR	TIPO DE CAUSA	INDIRECTA(EJUCUCION)
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS	750	PLANO DEL ESTUDIO	MAPA DE FALLAS

IMAGEN DE MUESTRA

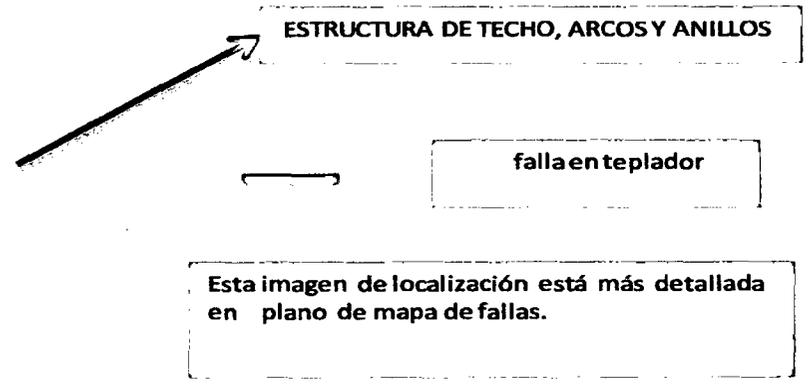
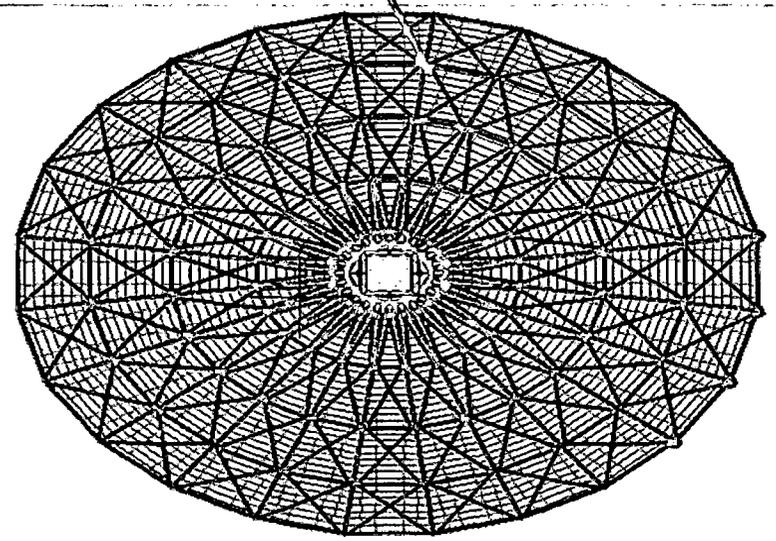


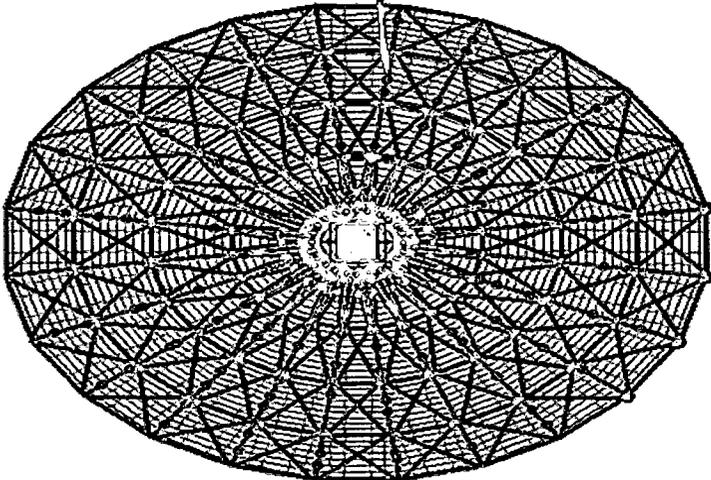
DESCRIPCION DE LA FALLA

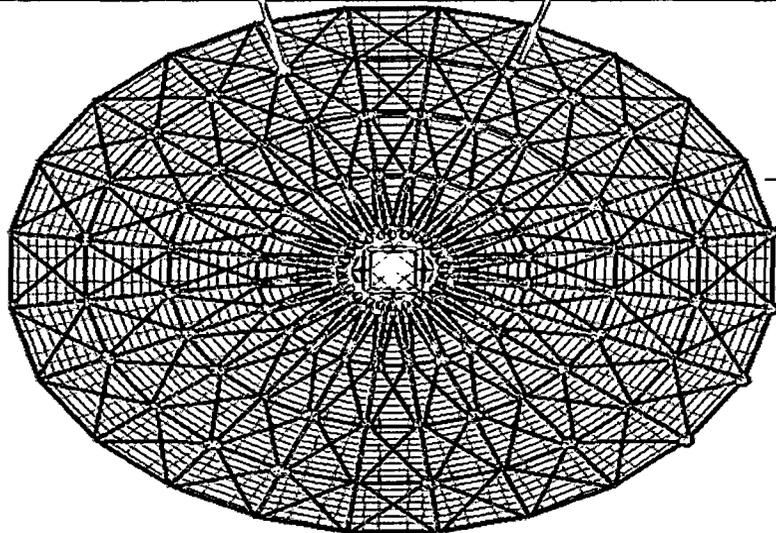
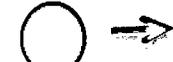
La longitud de rosca de los extremos de cada templador no es la adecuada y no permite la colocacion correctamente de arandelas,tuerca,cotra tuerca , anillo de precion y darle el torque adecuado , lo cual por la naturaleza de la estructura amerita su colocacion.

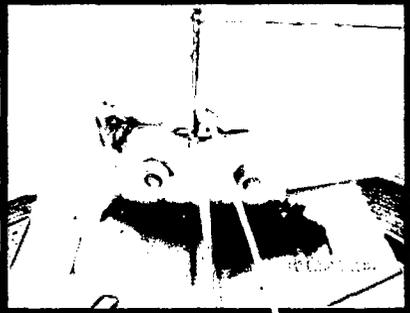
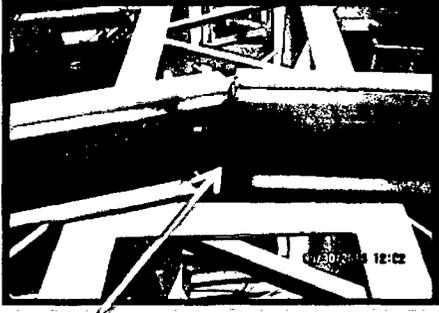
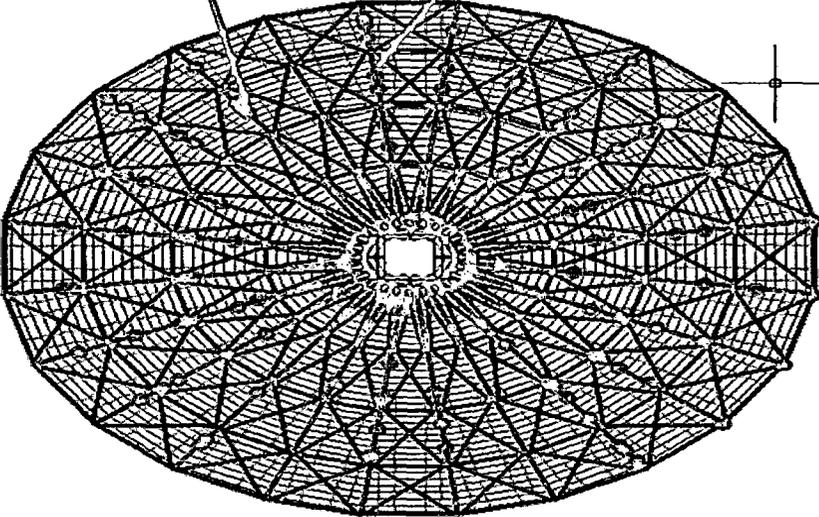
LESIONES QUE PUEDE CAUSAR

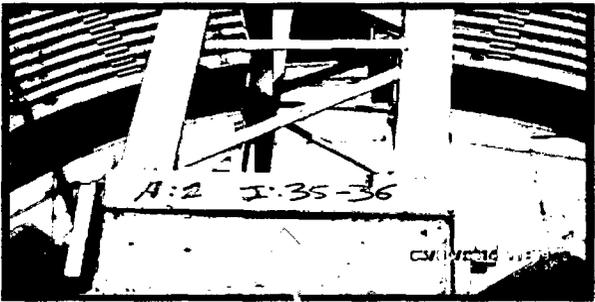
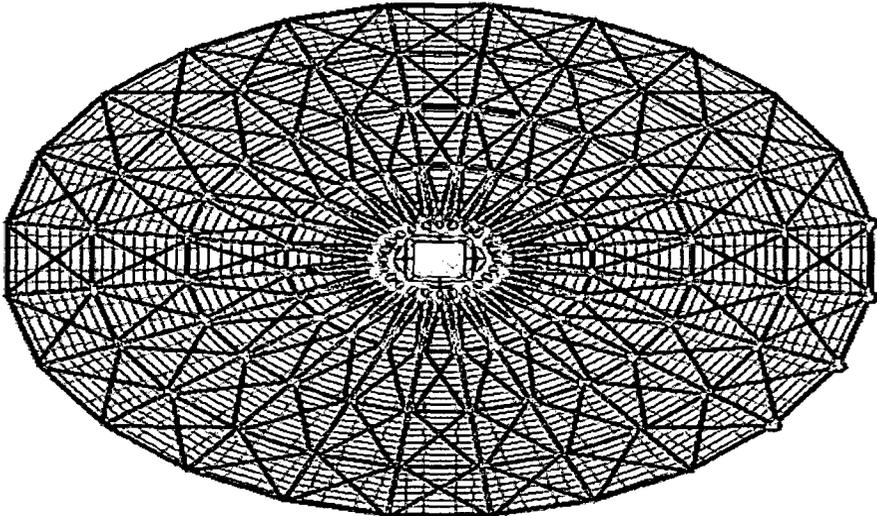
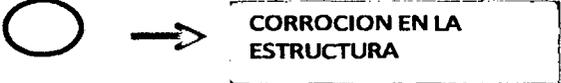
- Barrido de rosca.
- Lundimiento en rosca
- Deformacion en roscas.
- Fractura por fatiga (Tension-flexion)
- Pandeo de las vigas c

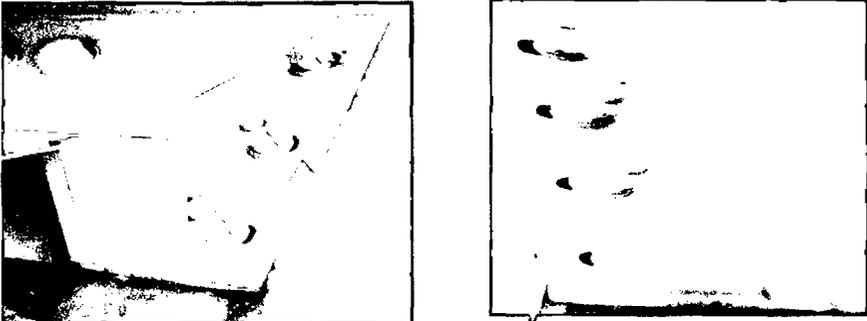
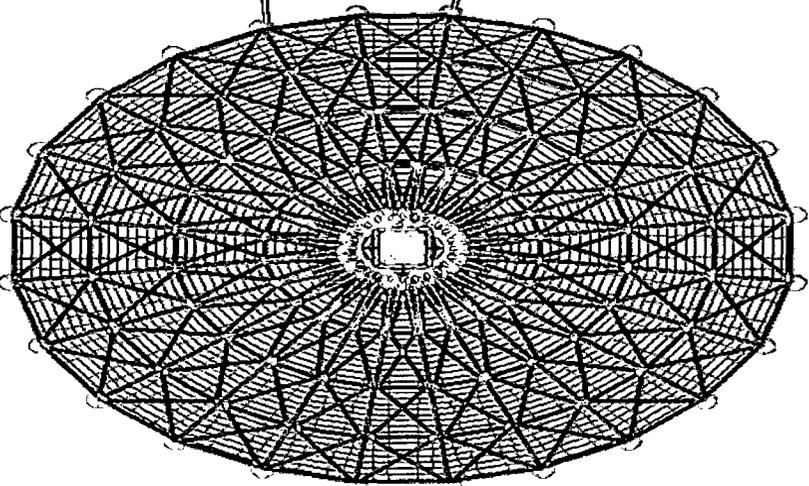
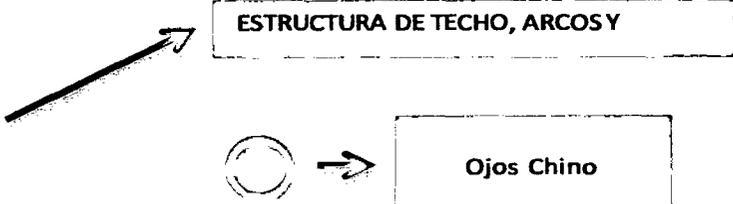


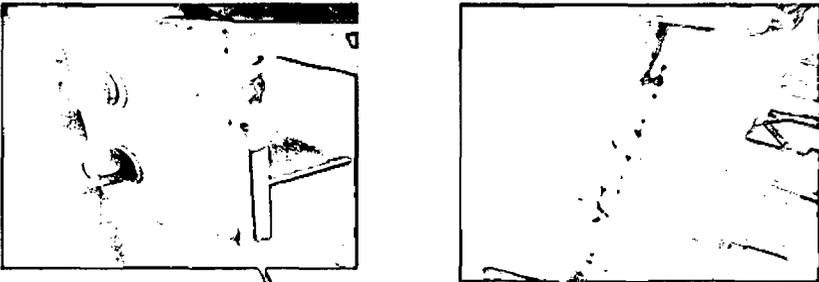
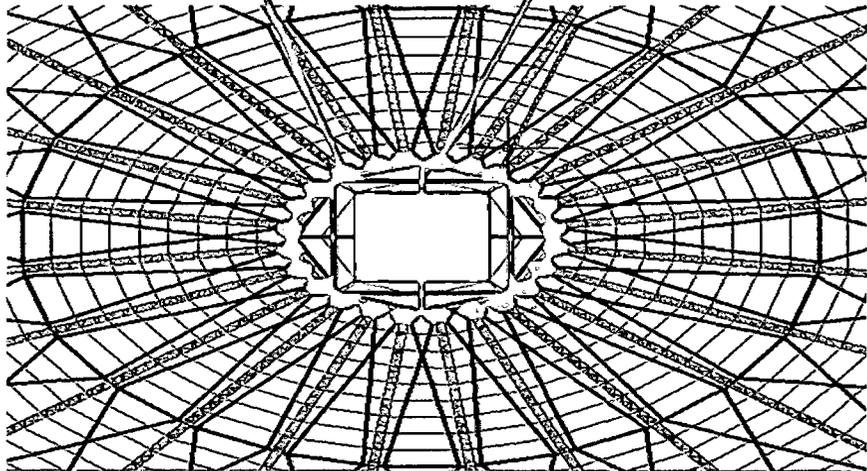
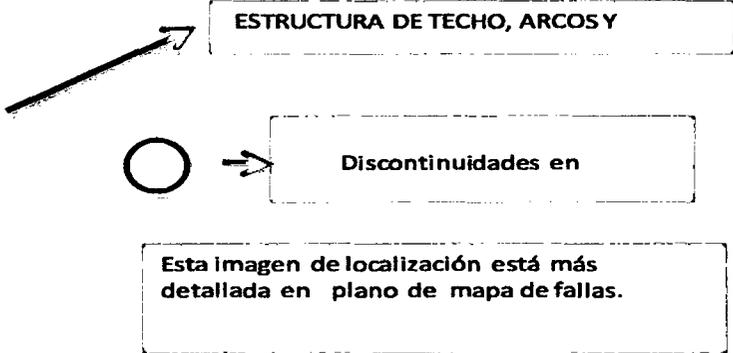
FALLA		DESALINIAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE LAS VIGAS C.	NIVEL DE RIESGO	ALTO	FICHA: 4
ELEMENTOS AFECTADOS		VIGAS C	TIPO DE CAUSA	INDIRECTA(EJUCUCION)	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS		119	PLANO DEL ESTUDIO	MAPA DE FALLAS	
IMAGEN DE MUESTRA			DESCRIPCION DE LA FALLA		
			<p>El desnivel vertical y horizontal de las vigas c es una falla en el proceso constructivo lo que perjudicaría el colocación de la cobertura TR4.</p>		
			LESIONES QUE PUEDE CAUSAR		
			<ul style="list-style-type: none"> - Oxidacion de la estructura. -pandeo de las vigas c. 		
			 <p>ESTRUCTURA DE TECHO, ARCOS Y ANILLOS</p>		
			 <p>Desaliniamiento horizontal y vertical de la viga c</p>		
			<p>Esta imagen de localización está más detallada en el plano de mapas de fallas .</p>		

LESIONES	CORROSION EN TUERCAS, ARANDELAS	NIVEL DE RIESGO	ALTO	5
ELEMENTOS AFECTADOS	EN LAS UNIONES DE LA ESTRUCTURA	TIPO DE CAUSA	DIRECTA	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS	40	PLANO DEL ESTUDIO	MAPA DE FALLAS	
IMAGEN DE MUESTRA		DESCRIPCION DE LA LESION		
		<p>Se presenta ataque corrosivo sobre las superficies del tornillo, dañando su acabado superficial y dejando residuos</p>		
		CAUSAS		
		<p>Heterogeneidades físicas como diferencias de temperatura grandes..</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estructura metalica sin cobertura -Daño o consumo de recubrimientos. -contacto con fluidos. 		
		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-end;"> <div style="margin-bottom: 20px;">  <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; text-align: center;">ESTRUCTURA DE TECHO, ARCOS Y</div> </div> <div style="margin-bottom: 20px;">  <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; text-align: center;">Corrosion de Tuercas y Arandela</div> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Esta imagen de localización está más detallada en plano de mapa de fallas.</p> </div> </div>		

FALLA		SEPARACION ENTRE VIGAS C		NIVEL DE RIESGO	ALTO	FICHA: 6
ELEMENTOS AFECTADOS		VIGAS C		TIPO DE CAUSA	INDIRECTA(EJUCUCION)	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS		96		PLANO DEL ESTUDIO	MAPA DE FALLAS	
IMAGEN DE MUESTRA				DESCRIPCION DE LA FALLA		
				La separación entre vigas C es menor de 1cm y también hay vigas que su separación es mayor a 1cm ,no cumpliendo con las especificado en los planos.		
				LESION QUE PUEDE CAUSAR		
				Las vigas que no tiene la separación adecuada puede esforzarse entre si generar que se pandeen, desnivelen perjudicando a la cobertura que permitirá la filtración de agua y generando la oxidación de los elementos estructurales. La separación excesiva genera que el orificio del pemo este muy cerca al filo de la viga c y falle por corte.		
				<div data-bbox="1353 834 1880 890" style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">ESTRUCTURA DE TECHO, ARCOS Y</div> <div data-bbox="1289 969 1375 1031" style="display: inline-block; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; margin-right: 10px;"></div> <div data-bbox="1526 953 1849 1047" style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">separacion entre vigas c</div> <div data-bbox="1289 1085 1871 1204" style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">Esta imagen de localización está más detallada en plano de mamapade fallas.</div>		

LESION		CORROSION EN LA ESTRUCTURAS		NIVEL DE RIESGO		LEVE		7	
ELEMENTOS AFECTADOS		TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES		TIPO DE CAUSA		DIRECTO			
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS		TODOS		PLANO DEL ESTUDIO		MAPA fallas			
IMAGEN DE MUESTRA				LESION					
				Se presenta ataque corrosivo sobre las superficies de los elementos de la estructura, de una manera leve .					
				CAUSAS					
				Heterogeneidades físicas como diferencias de temperatura grandes.. -Estructura metalica sin cobertura -Daño o consumo de recubrimientos. -contacto con fluidos.					
									
									
				Esta imagen de localización está más detallada en plano de mapas de fallas					

FALLA		OJOS CHINOS		NIVEL DE RIESGO		ALTO		FICHA:	
ELEMENTOS AFECTADOS		ANCLAJE A LOS DADOS DE CONCRETO		TIPO DE CAUSA		INDIRECTA(EJUCUCION)		8	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS		24		PLANO DEL ESTUDIO		MAPA DE FALLAS			
IMAGEN DE MUESTRA				DESCRIPCION DE LA FALLA					
				<p>Son orificios de las planchas metálicas, que no presenten las dimensiones indicadas en el plano y no son cubiertas totalmente por el perno dejando espacios vacíos.</p>					
				LESIONES QUE PUEDE CAUSAR					
				<p>Puede genera desplazamiento de los arcos principales y estos generar desnivel de las vigas c y malograr la cobertura, esfuerzos que pueden pandear las vigas o romper los arriostre.</p>					
									
				<p>Esta imagen de localización está más detallada en plano de mapa de fallas</p>					

LESION		DISCONTINUIDAD		NIVEL DE RIESGO		INTERMEDIO		FICHA:	
ELEMENTOS AFECTADOS		ENCLASTRE DE ANILLOS CENTRAL		TIPO DE CAUSA		INDIRECTA(EJUCUCION)		9	
NUMERO DE ELEMENTOS AFECTADOS		24		PLANO DEL ESTUDIO		MAPA DE FALLAS			
IMAGEN DE MUESTRA					DESCRIPCION DE LA FALLA				
					<p>Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades son inadmisibles para alguna norma específica. Ldes os ensayos END permite detectar las discontinuidades en la soldadura</p>				
					CAUSAS				
					<p>Humedad. Limpieza. Velocidad Al Soldar. Tolerancias Dimensionales.</p>				
									

De las fichas anteriores se presenta a continuación un cuadro resumen de las fallas encontradas en la estructura metálica del techo coliseo multiuso de Cajamarca.

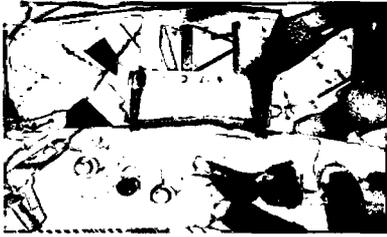
FALLA	ELEMENTO AFECTADO	N° ELEMENTOS AFECTADOS	NIVEL DE RIESGO	TIPO DE CAUSA
DESALINIAMIENTO DE CARTELAS	ANCLAJES DE LAS VIGAS C	217	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)
TRASLAPE LATERAL DE ARRIOSTRE	ARRIOSTRE	96	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)
LONGITUD DE ROSCA MUJY ANGOSTA	TEMPLADOR	750	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)
DESALINIAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE LAS VIGAS C .	VIGAS C	119	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)
CORROSION EN TUERCAS, ARANDELAS	EN LAS UNIONES	40	ALTO	DIRECTA(ACCION DEL CLIMA)
SEPARACION ENTRE VIGAS C	VIGAS C	96	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)
CORROSION EN LA ESTRUCTURAS	TODOS LA ESTRUCTURA	TODA LA ESTRUCTURA	ALTO	DIRECTA(ACCION DEL CLIMA)
OJOS CHINOS	ANCLAJE A LOS DADOS DE CONCRETO	24	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)
DISCONTINUIDAD	ENCLASTRE DE ANILLOS CENTRAL	24	ALTO	INDIRECTA(EJUCUCION)

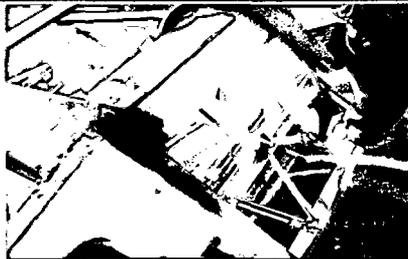
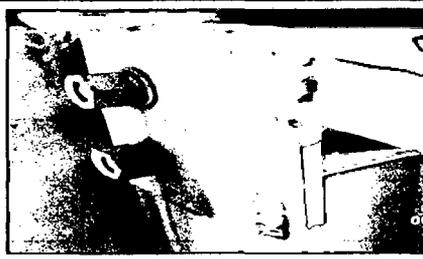
B. DIAGNÓSTICO.

a. Ensayo no destructivos.

i. Tintas penetrantes

REGISTRO		U.N.C	
CONTROL DE CALIDAD		Revisión:	1
PRUEBA DE TINTA PENETRANTE		Fecha:	07/06/14
		Página:	1 de 1
NOMBRE DE LA INVESTIGACION : ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DEL COLISEO MULTUSOS DE CAJAMARCA		N° CORRELATIVO: 0:	1
PLANO REF.: E-M7/02		FECHA: 07/06/2014	
EDIFICIO: S.J.M	MÓDULO:	PISO:	
DATOS DE PIEZA			
DESCRIPCION DE LA PIEZA PL. de reforzamiento			
DIMENSIONES	PL. 376x140x1/4"	CODIGO DE PARTE A2 -I (35-36)	
TIPO DE MATERIAL	PERFILES Y VARILLAS LISAS DE ACERO ASTM A36		
ACABADO SUPERFICIAL	ARENADO COMERCIAL (SSPC-SP-5)		
ZONA INSPECCIONADA	ENCASTRE ENTRE EL ANILLO CENTRAR Y LLEGADA DEL ARCO PRINCIPAL		
INFORMACION SOBRE LA INSPECCION			
PROCEDIMIENTO	INSPECCION POR TINTA PENETRANTE	REVISION	2014
		NORMA	ASTM E-165
METODO DE INSPECCION			
DISTANCIA MAX. AL SITIO	5 - 10 cm.	ANGULO APROX. DE LA SUPERFICIE	30° - 60°
PARAMETROS DE INSPECCION			
(mín.)	10	20	10
EQUIPO UTILIZADO			
MAGNIFICADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	PODER DE MAGNIFICACION	LUPA 10X
FUENTE DE ILUMINACION	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO	LUZ SOLAR
HERRAMIENTAS DE MEDICION			
LINEAL	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO	REGLA METALICA
CALIBRADORES	<input type="checkbox"/>	TIPO	
EQUIPO FOTOGRAFICO	<input checked="" type="checkbox"/>	MARCA	Canon Pc 1731
MATERIALES			
PENETRANTE PENETRANT (SKL-SP1)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)	
REMOVEDOR NONDESTRUCTIVE TESTING MATERIAL (SKC-5)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)	
REVELADOR DEVELADOR (SKD-S2)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)	
SOLVENTE THINNER	MARCA		
OTROS			
PANEL FOTOGRAFICO			
			
OBSERVACIONES			
Se observa presencia de discontinuidades en la soldadura como lo muestra la prueba de tintas penetrantes lo cual se sugiere el cambio de soldadura con soldadores catalogado en 6G.			
ACEPTADO	<input type="checkbox"/>	RECHAZADO	<input checked="" type="checkbox"/>
		CRITERIO DE ACEPTACION	
		CON CORRECTIVOS SOLO EN CAMPO	
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
Firma:		Firma:	
Cargo: Testista		Cargo: Supervisor de Obra	
Nombre: Laborer Delgado Edwar Omar		Nombre: Marcos Mendoza Linares	
Fecha: 7/06/2014		Fecha: 7/06/2014	

REGISTRO		U.N.C			
CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 2			
PRUEBA DE TINTA PENETRANTE		Fecha: 07/06/14			
		Página: 1 de 1			
NOMBRE DE LA INVESTIGACION: ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DEL COLISEO MULTUSOS DE CAJAMARCA		N° CORRELATIVO: 0: 1			
PLANO REF.: E-M7/02		FECHA: 07/06/2014			
EDIFICIO: S.U.M	MÓDULO:	PESO:			
DATOS DE PIEZA					
DESCRIPCION DE LA PIEZA PL. de reforzamiento					
DIMENSIONES	PL. 376x140x1/4"	CODIGO DE PARTE A3-I (7-8)			
TIPO DE MATERIAL	PERFILES Y VARILLAS LISAS DE ACERO ASTM A36				
ACABADO SUPERFICIAL	ARENADO COMERCIAL (SSPC-SP-5)				
ZONA INSPECCIONADA	ENCASTRE ENTRE EL ANILLO CENTRAR Y LLEGADA DEL ARCO PRINCIPAL				
INFORMACION SOBRE LA INSPECCION					
PROCEDIMIENTO	INSPECCION POR TINTA PENETRANTE	REVISION 2014 NORMA ASTM E-165			
METODO DE INSPECCION					
DISTANCIA MAX. AL SITIO	5 - 10 cm.	ANGULO APROX. DE LA SUPERFICIE 30° - 60°			
PARAMETROS DE INSPECCION					
(min.)	10	20	10	20	10
EQUIPO UTILIZADO					
MAGNIFICADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	PODER DE MAGNIFICACION	LUPA 10X		
FUENTE DE ILUMINACION	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO	LUZ SOLAR		
HERRAMIENTAS DE MEDICION		TIPO	REGLA METALICA		
LINEAL	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO			
CALIBRADORES	<input type="checkbox"/>	MARCA	canon Pc 1731		
EQUIPO FOTOGRAFICO	<input checked="" type="checkbox"/>				
MATERIALES					
PENETRANTE PENETRANT (SKL-SP1)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)			
REMOVEDOR NONDESTRUCTIVE TESTING MATERIAL (SKC-S)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)			
REVELADOR DEVELADOR (SKD-S2)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)			
SOLVENTE THINNER	MARCA				
OTROS					
PARCEL FOTOGRAFICO					
					
OBSERVACIONES					
Se observa presencia de discontinuidades en la soldadura como lo muestra la prueba de tintas penetrantes lo cual se sugiere el cambio de soldadura con soldadores catalogado en 6G.					
ACEPTADO	<input type="checkbox"/>	RECHAZADO	<input checked="" type="checkbox"/>	CRITERIO DE ACEPTACION	
				CON CORRECTIVOS SOLO EN CAMPO	
ELABORADO POR:			REVISADO POR:		
Firma:			Firma:		
Cargo: Tesista			Cargo: Supervisor de Obra		
Nombre: Latorre Delgado Edwar Omar			Nombre: Marcos Mendoza Linares		
Fecha: 7/06/2014			Fecha: 7/06/2014		

REGISTRO		U.M.C	
CONTROL DE CALIDAD		Revisión:	2
PRUEBA DE TINTA PENETRANTE		Fecha:	07/06/14
		Página:	1 de 1
NOMBRE DE LA INVESTIGACION : ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DEL COLISEO MULTIJOSOS DE CAJAMARCA		Nº CORRELATIVO: 0:	1
PLANO REF.: E-M7/02		FECHA: 07/06/2014	
EDIFICIO: S.U.M	MÓDULO:	PISO:	
DATOS DE PIEZA			
DESCRIPCION DE LA PIEZA PL. de reforzamiento			
DIMENSIONES	PL. 376x140x1/4"	CODIGO DE PARTE	A5 -I (17-18)
TIPO DE MATERIAL	PERFILES Y VARILLAS LISAS DE ACERO ASTM A36		
ACABADO SUPERFICIAL	ARENADO COMERCIAL (SSPC-SP-5)		
ZONA INSPECCIONADA	ENCASTRE ENTRE EL ANILLO CENTRAR Y LLEGADA DEL ARCO PRINCIPAL		
INFORMACION SOBRE LA INSPECCION			
PROCEDIMIENTO	INSPECCION POR TINTA PENETRANTE	REVISION	2014
		NORMA	ASTM E-165
METODO DE INSPECCION			
DISTANCIA MAX. AL SITIO	5 - 10 cm.	ANGULO APROX. DE LA SUPERFICIE	30° - 60°
PARAMETROS DE INSPECCION			
(min.)	10	20	10
EQUIPO UTILIZADO			
MAGNIFICADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	PODER DE MAGNIFICACION	LUPA 10X
FUENTE DE ILUMINACION	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO	LUZ SOLAR
HERRAMIENTAS DE MEDICION			
LINEAL	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO	REGLA METALICA
CALIBRADORES	<input type="checkbox"/>	TIPO	
EQUIPO FOTOGRAFICO	<input checked="" type="checkbox"/>	MARCA	canon Pc 1731
MATERIALES			
PENETRANTE PENETRANT (SKL-SP1)		MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)
REMOVEDOR NONDESTRUCTIVE TESTING MATERIAL (SKC-S)		MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)
REVELADOR DEVELADOR (SKD-S2)		MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)
SOLVENTE THINNER		MARCA	
OTROS			
PAPEL FOTOGRAFICO			
			
OBSERVACIONES			
Se observa presencia de discontinuidades en la soldadura como lo muestra la prueba de tintas penetrantes lo cual se sugiere el cambio de soldadura con soldadores catalogado en 6G.			
ACEPTADO	<input type="checkbox"/>	RECHAZADO	<input checked="" type="checkbox"/>
CRITERIO DE ACEPTACION			
CON CORRECTIVOS SOLO EN CAMPO			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
Firma:		Firma:	
Cargo: Teststa		Cargo: Supervisor de Obra	
Nombre: Latorre Delgado Edwar Omar		Nombre: Marcos Mendoza Linares	
Fecha: 7/06/2014		Fecha: 7/06/2014	

REGISTRO		U.N.C
CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 2
PRUEBA DE TINTA PENETRANTE		Fecha: 07/06/14
		Página: 1 de 1
NOMBRE DE LA INVESTIGACION : ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DEL COLISEO MULTIFUSOS DE CAJAMARCA		N° CORRELATIVO: 0 1
PLANO REF.: E-M7/02		FECHA: 07/06/2014
EDIFICIO: S.U.M	MÓDULO:	PISO:
DATOS DE PIEZA		
DESCRIPCION DE LA PIEZA PL. de reforzamiento		
DIMENSIONES	PL. 376x140x1/4"	CODIGO DE PARTE M-1 (29-30)
TIPO DE MATERIAL	PERFILES Y VARILLAS LISAS DE ACERO ASTM A36	
ACABADO SUPERFICIAL	ARENADO COMERCIAL (SSPC-SP-5)	
ZONA INSPECCIONADA	ENCASTRE ENTRE EL ANILLO CENTRAR Y LLEGADA DEL ARCO PRINCIPAL	
INFORMACION SOBRE LA INSPECCION		
PROCEDIMIENTO	INSPECCION POR TINTA PENETRANTE	REVISION 2014 NORMA ASTM E-165
METODO DE INSPECCION		
DISTANCIA MAX. AL SITIO	5 - 10 cm.	ANGULO APROX. DE LA SUPERFICIE 30° - 60°
PARAMETROS DE INSPECCION		
(mín.)	10	20
	10	20
	10	10
EQUIPO UTILIZADO		
MAGNIFICADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	PODER DE MAGNIFICACION LUPA 10X
FUENTE DE ILUMINACION	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO LUZ SOLAR
HERRAMIENTAS DE MEDICION		
LINEAL	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO REGLA METALICA
CALIBRADORES	<input type="checkbox"/>	TIPO
EQUIPO FOTOGRAFICO	<input checked="" type="checkbox"/>	MARCA canon Pc 1731
MATERIALES		
PENETRANTE PENETRANT (SKL-SP1)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)
REMOVEDOR NONDESTRUCTIVE TESTING MATERIAL (SKC-S)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)
REVELADOR DEVELADOR (SKD-S2)	MARCA	SPOTCHECK (MAGNAFLUX)
SOLVENTE THINNER	MARCA	
OTROS		
PANEL FOTOGRAFICO		
		
OBSERVACIONES		
Se observa presencia de discontinuidades en la soldadura como lo muestra la prueba de tintas penetrantes lo cual se sugiere el cambio de soldadura con soldadores catalogado en 6G.		
ACEPTADO	RECHAZADO	CRITERIO DE ACEPTACION
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CON CORRECTIVOS SOLO EN CAMPO
ELABORADO POR:		REVISADO POR:
Firma:		Firma:
Cargo: Tesista		Cargo: Supervisor de Obra
Nombre: Laborer Delgado Edwar Omar		Nombre: Marcos Mendoza Linares
Fecha: 7/06/2014		Fecha: 7/06/2014

En las fichas anteriores se muestra la prueba de tinta penetrante y se detectó las discontinuidades superficiales en las uniones del anillo central con los 24 arcos principales, lo que generaría grietas con el tiempo en la soldadura y esto causaría el colapso de la estructura por lo cual se recomendó el cambio de soldadura con soldadores homologados 6 G .

b. Evaluación y chequeo del diseño estructural de la estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

➤ **Generalidades.**

Objetivos. La evaluación estructural del techo de estructura metálica del Coliseo Multiusos, tienen los siguientes objetivos:

Re-calcular las armaduras del techo metálico con fines de investigar: pandeo local de sus elementos y pandeo global de los techos.

Verificar si las secciones de los perfiles son adecuados para resistir las cargas debido a su peso propio, viento, temperatura y sismo durante su tiempo de vida, estimada para este tipo, de estructuras en no menos de 50 años.

Verificar por corte la unión de las armaduras principales y el anillo central.

➤ **Parámetros de evaluación y diseño.**

Entre los parámetros de evaluación y diseño que se consideran son los siguientes:

Verificación de la calidad y espesores de los perfiles metálicos, especificados en el expediente técnico.

Verificación de la resistencia y el pandeo local y global del techo y de sus elementos.

Verificar toda la estructura metálica del techo, con el fin de ver que zonas pueden necesitar reforzamiento.

i. Conclusiones de evaluación y chequeo del diseño estructural de la estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

Al final de la evaluación del presente proyecto, llegamos a las siguientes conclusiones:

El modelo de la estructura ha sido dibujado en Auto Cad considerando datos recogidos en campo de como la estructura está construida actualmente (Ver Anexo I).

La Norma Colombiana NSR-10 Cap.G. 8 ARMADUAS, en la Pág. 1852 se especifica: Cuando no sea posible satisfacer los requisitos de deflexiones admisibles podrán construirse las armaduras usando contraflecha. Esta no será menor de $1/300$ de la luz total. En la referencia: Space Structures - Principles and Practice- Subramanian Narayan - Volulmul 1, 2006. En la página 42, indica que como regla, la deflexión vertical debe estar limitada entre $L/300$ y $L/400$. Se considera $L/400$ por ser la más crítica. En este caso tenemos 8400cm ; es decir se tiene una deflexión admisible de $D = 8400/400 = 21\text{cm} > D = 14.3316\text{cm}$.

CAPÍTULO

V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A. CONCLUSIONES.

Se analizó y diagnóstico las patologías (enfermedades) que pueden causar las fallas constructivas de las estructuras metálicas livianas del techo del coliseo multiuso de Cajamarca utilizando la metodología planteada en el marco teórico y se determinó que:

Lo ejecutado en obra se encuentra de acuerdo con lo indicado en los planos del expediente técnico conclusión obtenida de la evaluación y chequeo del diseño estructural de dicha estructura; sin embargo, existe fallas en el proceso constructivo tal como:

- ✓ Deslindamiento de cartelas, la cantidad de elementos afectados son 217.
- ✓ Traslape lateral de los arriostres , la cantidad de elementos afectados son 96
- ✓ Longitud de roscas muy angosta , la cantidad de elementos afectados son 750
- ✓ Desaliniamiento horizontal y vertical de las vigas c, la cantidad de elementos afectados son 119.
- ✓ Corrosión de tuercas y arandelas la cantidad de elementos afectados son 40
- ✓ Separación entre vigas c la cantidad de elementos afectados son 96.
- ✓ Ojos chinos cantidad de elementos afectados 24
- ✓ Discontinuas en la soldadura en la unión del anillo central con los 24 arcos principales.

Las causas principales de estas fallas son indirectas debido que son por errores humanas por a una falta de control de calidad y una adecuada capacitación a los montajistas para que el proceso constructivo sea de alta calidad .

Las fallas constructivas de las estructuras metálicas livianas del techo del coliseo multiuso de Cajamarca son severas debido que estas podrían causar el colapso de la estructura metálica si es que no se da la solución adecuada.

B. RECOMENDACIONES.

Se debe realizar capacitación constante en estructuras metálicas livianas, debido que el 75 % de las lesiones son por fallas constructivas y mal diseño por lo cual se puede revertir con capacitaciones a los obreros de la construcción, profesionales proyectistas, a los profesionales constructores, y a los responsables de la supervisión, para así tener obras de mayor calidad.

Se debe tener un estudio y capacitación adecuada para analizar y diagnosticar correctamente las lesiones que presentan una estructura y dar la solución adecuada para prolongar la vida útil y un buen funcionamiento de dicha estructura.

Se debe formar conciencia, en los propietarios, que toda estructura requiere de un mantenimiento y que son responsables del mantenimiento periódico de la estructura para así prolongar su vida útil.

Se recomienda por lo tanto realizar el mayor esfuerzo posible para que la carrera de Ingeniería Civil incorpore en su curricula de estudio la asignatura de patología estructural.

CAPÍTULO

VI. APORTE.

Del análisis de dato y diagnóstico, se determinó un plan de actuación para solucionar las fallas de la estructura metálica del techo del coliseo multiusos de Cajamarca.

A. PLAN DE ACTUACIÓN.

a) **Alineamiento de la cartelas en los anclajes de las vigas tipo c, ubicadas sobre los arcos principales.**

Se cortara la soldadura existente entre las cartelas con el arco principal y se alineara la cartela con la viga c y se soldara.

La soldadura deberá ser de electrodo y/o alambre tubular.

El material de los electrodos será del tipo E6011 o E7018 con una resistencia mínima a la tensión (Fu) de 4,200 kg/cm² y 4,900 kg/cm² respectivamente. El material de soldadura deberá cumplir con los requerimientos prescritos en las Normas AWS A5.1 ó AWS A5.17 de la American Welding Society, dependiendo de si la soldadura se efectúa por el método de arco metálico protegido ó por el método de arco sumergido, respectivamente.

Para realizar la soldadura, inicialmente realizaremos la limpieza y biselado de los elementos a soldar, posteriormente realizaremos la soldadura propiamente dicha.

Esta actividad será realizada por un soldador homologado 4G o 6G y personal de apoyo.

b) **Reparación e instalación de arriostres.**

En los arriostres que están instalados se corregirá las pegas ya que están traslapadas lateralmente y de manera defectuosa. Para hacer dicha corrección se desinstalará

dichos arriostres, se desoldaran las pegas luego se realizara la corrección de los alineamientos de los arriostres mediante un proceso llamado “Encapsulado de barra”, el que consiste en sacar punta tipo lápiz con un esmeril a las barras que se van a unir por soldadura , posteriormente se realizara una soldadura en los extremos de la capsula con tubo A 325 de $\text{Ø} = 3/4$ ” con tolerancia de ingreso y con un espesor de $1/8$ ” ; dicho encapsulamiento se realizara con un alicate de presión.

Estas pegas con encapsulamiento se someterán a ensayos de tracción en los laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca.

También se ampliará el hilo en cada extremo de los arriostres de tal manera que tengamos más longitud para tensar adecuadamente dichos elementos con terrajas UNC – $3/4$ ” y UNC – $5/8$ ”.

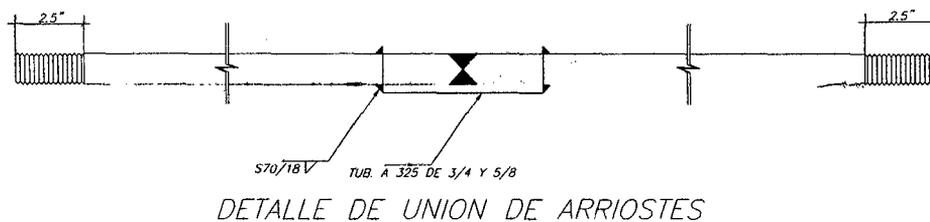


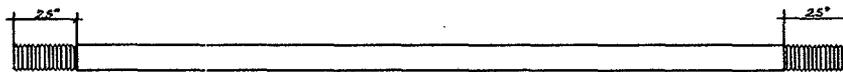
Figura 1. Detalle de unión de arriostres

El montaje de arriostre comprende la instalación, limpieza y colocación de accesorios como tuercas, contratueras, anillos entre otros, los que serán debidamente instalados con el torque adecuado, tal como indican los planos y detalles de estructuras.

c) Reparación e instalación de templadores.

Se ampliara la rosca de los extremos de cada templador hasta lograr una longitud de rosca de 2.5”

Dicho suministro y montaje comprende la instalación de templadores, tuercas y arandelas, los cuales por la naturaleza de la estructura amerita verificar, reforzar así como realizar ajustes tanto de los templadores, torque y adecuación de los orificios a fin de lograr una adecuada instalación de dichos elementos.



DETALLE DE TEMPLADORES

Figura 2. Detalle de templadores

- d) **Uniformizar el alineamiento horizontal y vertical de las vigas en c que soportan la cobertura.**

Se realizará el alineamiento horizontal y vertical de las correas, tal como lo indican los planos.

Se realizará solo para las correas que presenten un alineamiento deficiente, y comprende la adecuación de vigas tipo C, teniendo en cuenta el alineamiento y niveles con relación a las vigas principales de la estructura del techo, las mismas que deben acondicionarse para garantizar la estabilidad y rigidez de dicho elemento.

Este alineamiento se regularizará con los templadores para conservar la equidistancia entre vigas como se indican en los planos, manteniendo también el alineamiento de los templadores. En el caso de que los templadores ya instalados no estén alineados, se corregirá haciendo nuevos agujeros en la viga en C y serrando los que quedan en desuso con soldadura supercito E-7018.

- e) **Verificación y mantenimiento de pernos y tuercas libre de corrosión.**

Todos los pernos serán de cabeza y tuerca hexagonal, y sus propiedades se ajustarán a lo indicado en las Norma ASTM A325 para el caso de pernos de alta resistencia, y a lo indicado en la Norma ASTM A307 para el caso de pernos corrientes de baja resistencia.

Las dimensiones de los pernos y sus tuercas estarán de acuerdo a lo indicado en las Normas ANSI B18.2.1-1981 y ANSI B18.2.2-1972 respectivamente. Las características de la rosca se ajustarán a lo indicado en la Norma ANSI B1.1-1982 para roscas de la serie UNC (gruesa), clase 2A.

Se realizara el mantenimiento de pernos y tuercas de toda la estructura para evitar la corrosión.

Para esto se tendrá primero que escobillar con esmeril de banco para quitarles el óxido o corrosión entre las tuercas y pernos.

Luego bañarlas en balde de aceite antes de su ensamblaje

f) Corregir la separación entre extremos de las vigas en c .

Se debe completar la longitud de la viga, tal como indica los planos.

Para esto se realizara el corte dimensionado de la parte faltante de otra viga, luego se juntara a la viga C mediante la soldadura 6011 (Punto Azul), y con acabado de soldadura 7018. En el caso que las vigas estén muy juntas, se cortaran con amoladora de tal manera que queden separadas a 1 cm entre extremos.

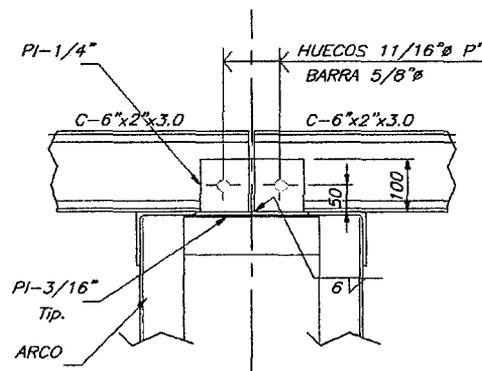


Figura 3. Detalle de la separación de extremos de las vigas en c

g) Realizar el pintado de estructura (repintado)

Se realizará la pintura en lugares donde falte o se encuentre deficiente.

Se pintará en 02 capas, la primera será una Pintura a anticorrosiva y una segunda capa que será de acabado.

Las características serán las indicadas:

Pintura de base

La pintura de base será un imprimante epóxi-poliamida de dos componentes formulado para mantenimiento industrial y marino. Deberá tener un contenido de sólidos no menor al 60% en volumen de la mezcla de sus componentes y su formulación debe estar diseñada para garantizar un recubrimiento de excelente resistencia a la intemperie, a agentes químicos poco agresivos tanto ácidos como alcalinos, a los solventes y al agua dulce o salada.

Pintura de acabado

La pintura de acabado será un esmalte epoxi-poliamida de dos componentes formulado para mantenimiento industrial y marino. Deberá tener un contenido de sólidos no menor al 60% en volumen de la mezcla de sus componentes y su formulación debe estar diseñada para garantizar una película de acabado de excelente resistencia a la intemperie, a la abrasión, a agentes químicos poco agresivos tanto ácidos como alcalinos, a los solventes y al agua dulce o salada. La pintura de base será un anticorrosivo formulado a base de resinas epóxicas de rápido secado, de buenas propiedades inhibidoras de la corrosión, para usarse en ambientes industriales normales.

Para el pintado en vigas C o correas y arcos se pintara insitu mediante soplete industrial de gran volumen. Se verificara con el espesimetro el espesor de dicha capa de pintura será de 200 micrones y se debe considerar que:

Las superficies metálicas estarán limpias y libres de contaminantes.

La temperatura de la superficie esta entre 5°C y 50°C.

Para pintura epoxica la temperatura de la superficie esta entre 10°C y 35°C.

La pintura se no se debe aplicar mientras llueve en la intemperie.

La capas de pintura están exenta de porosidades, ampollas u otros defectos visibles.

h) Uniformizar los orificios de los 24 apoyos de rotula, de acuerdo a los planos

Este proceso consiste en uniformizar los orificios de las planchas metálicas, que no presenten las dimensiones indicadas en el plano.

Los agujeros en las planchas de los apoyos deficientes deben ser rellenados hasta obtener las dimensiones y características del orificio especificado en los planos de estructura metálica.

Se realizar un corte dimensionado de otra plancha con un orificio hecho en un taladro de banco con un diámetro exacto del perno , luego se procede a soldarlo previa biselada.

i) Uniformizar soldadura, alineamiento horizontal y vertical de los encuentros de los 4 anillos concéntricos.

Se realizara la soldadura y los alineamientos horizontales y verticales, de las estructuras que presenten deficiencias, previa evaluación.

Se tendrá en cuenta todos los criterios señalados en las especificaciones técnicas para la soldadura, de la Norma Técnica de Estructuras E-090 y AWS.

j) Uniformizar las distancias de los pernos, completar tuercas contratueras y arandelas, aplicando el torque especificado.

De acuerdo a la evaluación se uniformizará las distancia de los pernos, y se completará en los lugares que falte tuercas, contratueras y arandelas, teniendo en cuenta el torque indicado y teniendo en cuenta las características de dichas tuercas indicadas en las Especificaciones técnicas.

REFERENCIAS.

Gustavo C. Balbastro y Victorio E. Sonzogni, 2008, Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas, Rev.int. De desastres naturales, accidentes e infraestructuras civiles, Vol.8(1), 37.

Revista ALCONPAT, Volumen 2, Número 1, Enero-Abril 2012, Páginas 38 – 46.

Alacero, El hierro y el acero en la historia de la arquitectura, (en línea), consultado 30 de octubre del 2014, disponible en <http://www.arquitecturaenacero.org/historia>.

Isaac Flores Gutiérrez. Apuntes del Curso de Diseño en Acero, Ing. Civil – UTFSM, 12P.

Jose Agudelo Bravo, 2013, Metallic structure, 34P.

Enciclopedia broto de patología de la construcción .Barcelona .Colegio de arquitecto de Madrid.

Begoña Serrano Lanzarote, Lesiones y síntomas en estructuras de acero y madera (diapositivas), 33 Diapositivas.

Tutor :Jorge Shinca-Estudiantes :Pia Jelpo- Leticia padilla.2009-2010, Patologia en elementos estructurales de madera, hierro-acero y muros portantes cerámicos, Tesina, Bach, Paraguay, 36 P.

Oxagasa, 2014, Manual del soldador, El Salvador, 88P.

Edgar Espejo Mora y Juan Carlos Martínez Romero, Julio – 2011, Modo de Fallas Comunes en Tornillos, Bogotá- Colombia.

Introducción de los ensayos no destructivos, 248 P.

Wilmer Andres Silva Moriano, 2014, Patologías De Las Estructuras Del Concreto Y Estructuras Metálicas, Santiago De Cali, Servicio Nacional De Aprendizaje (Sena), 43 P.

Norma E-090, julio -2006, Estructuras metálicas, Perú, 52 P.

ANEXOS

ANEXO -1.

EVALUACIÓN Y CHEQUEO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL TECHO COLISEO MULTIUSOS DE CAJAMARCA.

a) GENERALIDADES.

Objetivos. La evaluación estructural del techo de estructura metálica del Coliseo Multiusos, tienen los siguientes objetivos:

- Re-calcular las armaduras del techo metálico con fines de investigar: pandeo local de sus elementos y pandeo global de los techos.
- Verificar si las secciones de los perfiles son adecuados para resistir las cargas debido a su peso propio, viento, temperatura y sismo durante su tiempo de vida, estimada para este tipo, de estructuras en no menos de 50 años.
- Verificar por corte la unión de las armaduras principales y el anillo central.

b) PARÁMETROS DE EVALUACIÓN Y DISEÑO.

Entre los parámetros de evaluación y diseño que se consideran son los siguientes:

- Verificación de la calidad y espesores de los perfiles metálicos, especificados en el expediente técnico.
- Verificación de la resistencia y el pandeo local y global del techo y de sus elementos.
- Verificar toda la estructura metálica del techo, con el fin de ver que zonas pueden necesitar reforzamiento.

c) ARQUITECTURA

La arquitectura del TECHO METÁLICO DEL COLISEO MULTIUSOS DE CAJAMARCA, ha sido proyectados y diseñado por el ARQUITECTO Y URBANISTA AUGUSTO ORTIZ DE ZEVALLOS.

d) METODOLOGIA

La metodología para la evaluación estructural del techo metálico, consiste básicamente en el modelamiento y cálculo del estado actual de la estructura metálica existente. Es decir como ha sido construido.

Primeramente se ha dibujado en AutoCad, en forma tridimensional, para luego ser importado al Programa de cálculo SAP2000 Vr. 16.1.0 en el que se ha cargado con las cargas que se indican más adelante. Con los resultados obtenidos se comienza el chequeo.

e) ALCANCES Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

En esta parte se detalla la metodología de evaluación estructural del techo metálico. En primer lugar, se presenta el modelo matemático utilizado y la metodología para la cuantificación de las fuerzas de toda la estructura; especialmente en los puntos de contacto de los nudos, apoyos, etc. Seguidamente, se presenta el modelamiento para el análisis de esfuerzos y deformaciones.

i. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

El modelamiento del techo del Coliseo Multiusos, se indica a continuación.

Modelamiento del techo.

Para el modelamiento de las formas del techo se ha considerado la arquitectura diseñada por el Arquitecto, ARQUITECTO Y URBANISTA AUGUSTO ORTIZ DE ZEVALLOS. La Fig. 1 muestra la estructura en el ambiente de AutoCad y la Fig. 2 en el ambiente del SAP2000 Vr. 16.1.0.

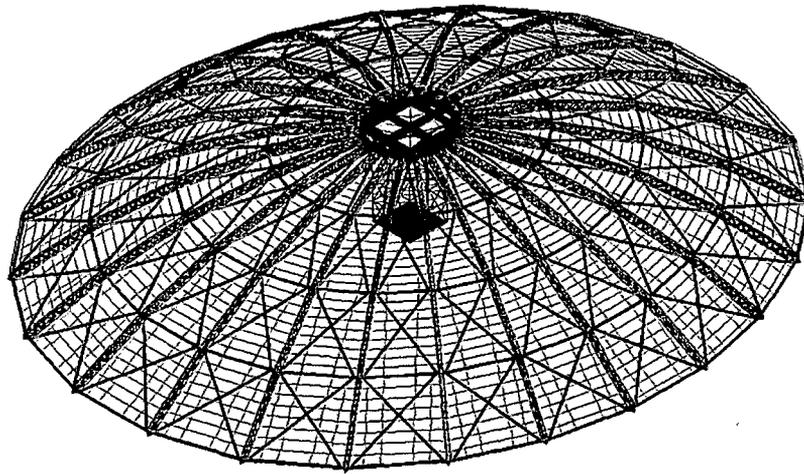


Figura. 1. Vista tridimensional del techo del Coliseo Multiusos en el ambiente del AutoCad.

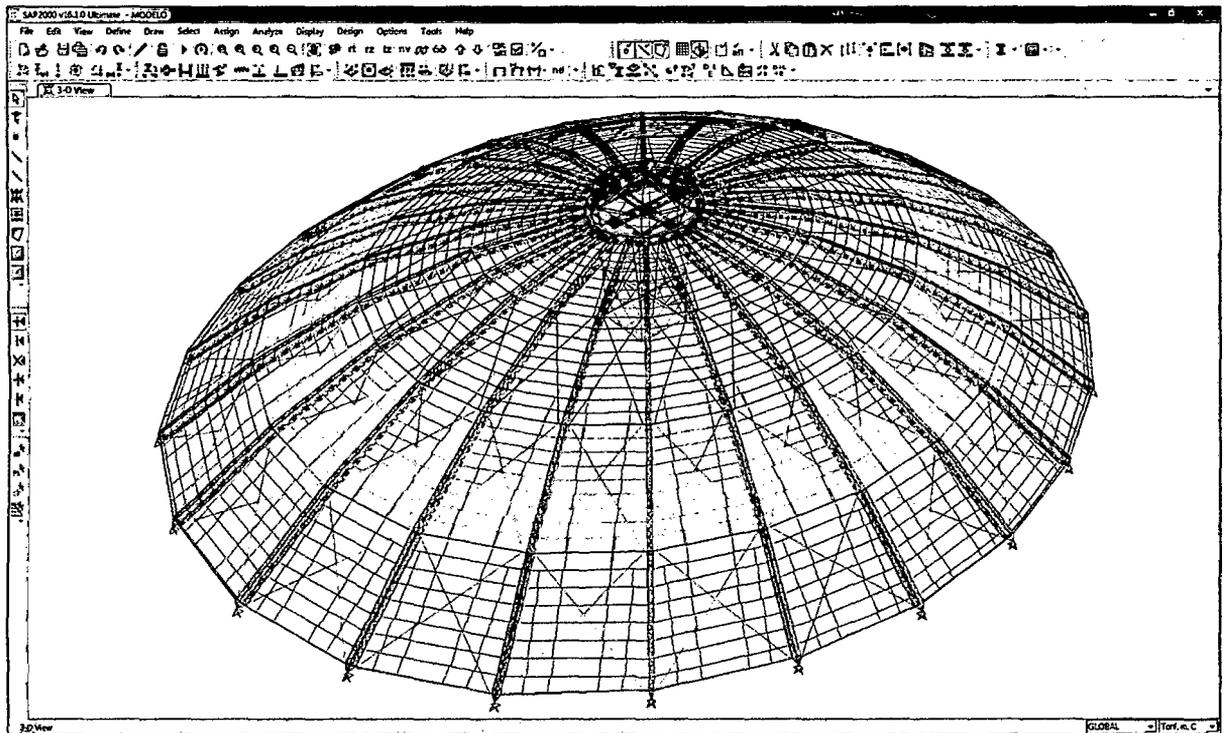


Figura. 2. Vista tridimensional del techo del Coliseo Multiusos el ambiente del SAP2000 Vr. 16.1.0.

Modelamiento de los componentes estructurales

Los elementos estructurales (armaduras, correas, etc) que componen el techo, se han considerado con sus propiedades mecánicas conocidas para el material acero ASTM A36, soldadura y pernos de anclaje.

Modelamiento matemático del sistema estructural.

Para el análisis estructural, se han modelado la estructura en forma tridimensional en donde las armaduras, correas, tensores etc. se consideran como elementos tridimensionales unidireccionales, como se aprecia en la Fig. 3.

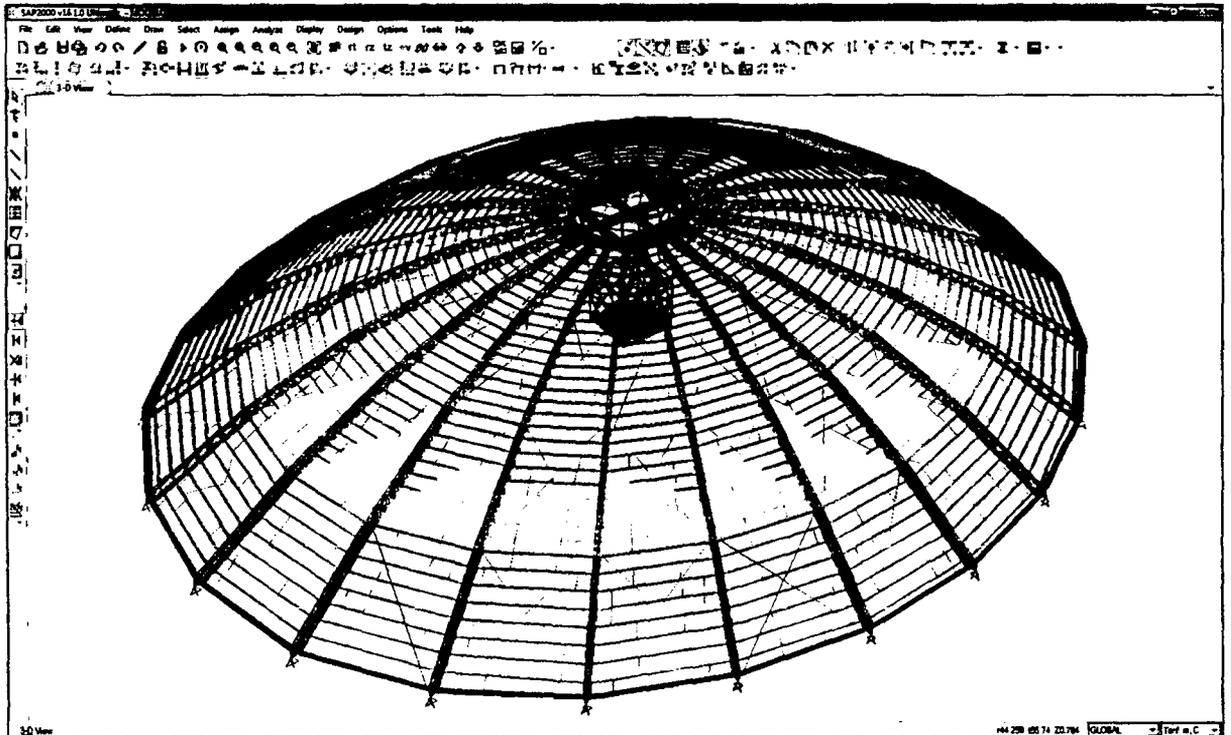


Figura. 3. Modelo del techo del Coliseo Multiusos para el cálculo estructural.

f) ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TECHO DEL COLISEO MULTIUSOS

ANÁLISIS ESTRUCTURAL. Para el análisis estructural del techo se ha modelado bajo las hipótesis de la teoría de la Elasticidad y como una estructura tridimensional. El Programa de cálculo utilizado para este efecto el Programa SAP2000 Vr. 16.1.0.

i. CARGAS DE DISEÑO SOBRE LA ESTRUCTURA COMPLETA.

CARGAS MUERTAS (D)

PESO PROPIO. El peso propio es asignado directamente por el Programa SAP2000
Asignado

CARGAS VIVAS (L)

Según la NTE E 020 del RNE considera

$$0.03\text{ton/m}^2$$

CARGAS DE VIENTO (V)

Para una velocidad de 75 Km/hora y usando las fórmulas que se dan en la NTE E 020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

EN BARLOVENTO. Es la parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado.

Para el Nivel, para una altura de 47.10 metros, se obtuvo una $V_h = 106$ Km/h. La presión sobre el techo se calculó usando la fórmula:

$$P_h = 0.005CV_h^2$$

Donde C es el factor de forma y del RNE se escoge como igual a +0.8 Con esto se tiene

$$P_h = 0.005 \times 0.8 \times 106^2 \cong 45 \text{ Kg/m}^2$$

EN SOTAVENTO. Es la parte opuesta, es decir, la parte hacia donde se dirige el viento

Para el Nivel, para una altura de 47.10 metros, se obtuvo una $V_h = 106$ Km/h. La presión sobre el techo se calculó usando la fórmula:

$$P_h = 0.005CV_h^2$$

Donde C es el factor de forma y del RNE se escoge como igual a -0.6 Con este se tiene

$$P_h = 0.005 \times 0.6 \times 106^2 \cong 34 \text{ Kg/m}^2$$

CARGAS SÍSMICAS (E)

Para el análisis sísmico de las estructuras se ha considerado los siguientes parámetros sísmicos:

Factor de Zona: $Z=0.4$ (Zona 3)

Factor de categoría de edificación: $U=1.3$ (Categoría "B")

Parámetro del suelo: $S=1.4$ (Suelo tipo S3)

Periodo límite de la plataforma del espectro:	TP = 0.9
Coefficiente de Reducción:	R= 7.0x0.75=5.25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Acero estructural $F_y = 2530 \text{kg/cm}^2$

COMBINACIONES DE CARGAS PARA DISEÑO

CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

Las cargas nominales serán las cargas mínimas de diseño establecidas en la NTE E.020 Cargas.

Cargas, Factores de Carga y Combinación de Cargas

Las siguientes cargas nominales deben ser consideradas:

D : Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

L : Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

Lr : Carga viva en las azoteas.

W : Carga de viento.

S : Carga de nieve.

E : Carga de sismo de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismo-resistente.

R : Carga por lluvia o granizo.

La resistencia requerida de la estructura y sus elementos debe ser determinada para la adecuada combinación crítica de cargas factorizadas. El efecto crítico puede ocurrir cuando una o más cargas no estén actuando. Para la aplicación del método LRFD, las siguientes combinaciones deben ser investigadas:

1.4D

1.2D + 1.6L + 0.5(L ó S ó R)

1.2D + 1.6(L ó S ó R) + (0.5L ó 0.8W)

1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L ó S ó R)

1.2D ± 1.0E + 0.5L + 0.2S

$$0.9 D \pm (1.3W \pm 1.0 E)$$

Donde: D: Carga Muerta (Carga permanente)

L: Carga viva (sobrecarga)

E: Cargas de sismo

ACERO ESTRUCTURAL: La carga de resistencia requerida, para carga muerta, D, carga viva, L y carga de sismo, E, se especifica como mínimo en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), correspondiente a la NTE E090 para ESTRUCTURAS METÁLICAS, en el Artículo 10: REQUISITOS GENERALES DE RESISTENCIA Y DE SERVICIO. Es como sigue:

PESO DE LOS MATERIALES.

Peso del acero = 7850 kg/m³

El análisis sísmico espectral de la estructura se ha realizado utilizando un espectro de pseudo-aceleraciones que lo definimos a continuación en la Tabla N° 1

TABLA 1: ESPECTRO DE PSEUDOACELERACIONES

FACTOR DE ZONA	Z =	0.4	ZONA	3
FACTOR	U =	1.3	CATEGORIA	B
FACTOR DE SUELO	S =	1.4	Tp =	S3
COEFICIENTE DE REDUCCION	R =	5.25	Se ha afectado al valor de R= 7 por 3/4, por se irregular	
	Sa = ZUS/R	0.13866667	Falta multiplicar por la aceleración de la gravedad, g	

T	Sa/g	C
0	0.34666667	2.5
0.001	0.34666667	2.5
0.101	0.34666667	2.5
0.201	0.34666667	2.5
0.301	0.34666667	2.5
0.401	0.34666667	2.5
0.501	0.34666667	2.5
0.6	0.34666667	2.50
0.601	0.34666667	2.5
0.701	0.34666667	2.5
0.801	0.34666667	2.5
0.9	0.34666667	2.50
0.901	0.34628191	2.50
1.001	0.31168831	2.25
1.501	0.20786143	1.50
2.001	0.15592204	1.12
2.501	0.1247501	0.90
3.001	0.10396534	0.75
3.501	0.0891174	0.64

PSEUDOACELERACIONES, Sa,%g

4.001	0.0779805	0.56
4.501	0.06931793	0.50
5.001	0.06238752	0.45
5.501	0.05671696	0.41
6.001	0.05199133	0.37
6.501	0.04799262	0.35
7.001	0.04456506	0.32
7.501	0.04159445	0.30
8.001	0.03899513	0.28
8.501	0.03670156	0.26
9.001	0.03466282	0.25
9.501	0.03283865	0.24
10.001	0.03119688	0.22
11.001	0.02836106	0.20
12.001	0.02599783	0.19
13.001	0.02399815	0.17
14.001	0.02228412	0.16
15.001	0.02079861	0.15
16.001	0.01949878	0.14
17.001	0.01835186	0.13
18.001	0.01733237	0.12
19.001	0.01642019	0.12
20.001	0.01559922	0.11
21.001	0.01485644	0.11
22.001	0.01418117	0.10
23.001	0.01356463	0.10
24.001	0.01299946	0.09
25.001	0.0124795	0.09
26.001	0.01199954	0.09
27.001	0.01155513	0.08
28.001	0.01114246	0.08
29.001	0.01075825	0.08
30.001	0.01039965	0.07
31.001	0.01006419	0.07
32.001	0.0097497	0.07
33.001	0.00945426	0.07
34.001	0.0091762	0.07
35.001	0.00891403	0.06
36.001	0.00866643	0.06
37.001	0.0084322	0.06
38.001	0.00821031	0.06
39.001	0.00799979	0.06
40.001	0.00779981	0.06
41.001	0.00760957	0.05
42.001	0.00742839	0.05
43.001	0.00725565	0.05
44.001	0.00709075	0.05
45.001	0.00693318	0.05
46.001	0.00678246	0.05
47.001	0.00663816	0.05
48.001	0.00649986	0.05
49.001	0.00636722	0.05
50.001	0.00623988	0.04
51.001	0.00611753	0.04

52.001	0.00599988	0.04
53.001	0.00588668	0.04
54.001	0.00577767	0.04
55.001	0.00567262	0.04
56.001	0.00557133	0.04
57.001	0.00547359	0.04
58.001	0.00537922	0.04
59.001	0.00528805	0.04
60.001	0.00519991	0.04
61.001	0.00511467	0.04
62.001	0.00503218	0.04
63.001	0.0049523	0.04
64.001	0.00487492	0.04
65.001	0.00479993	0.03
66.001	0.0047272	0.03
67.001	0.00465665	0.03
68.001	0.00458817	0.03
69.001	0.00452167	0.03
70.001	0.00445708	0.03
71.001	0.0043943	0.03
72.001	0.00433327	0.03
73.001	0.00427391	0.03
74.001	0.00421616	0.03
75.001	0.00415994	0.03
76.001	0.00410521	0.03
77.001	0.0040519	0.03
78.001	0.00399995	0.03
79.001	0.00394932	0.03
80.001	0.00389995	0.03
81.001	0.0038518	0.03
82.001	0.00380483	0.03
83.001	0.00375899	0.03
84.001	0.00371424	0.03
85.001	0.00367055	0.03
86.001	0.00362786	0.03
87.001	0.00358617	0.03
88.001	0.00354541	0.03
89.001	0.00350558	0.03
90.001	0.00346663	0.02
91.001	0.00342853	0.02
92.001	0.00339127	0.02
93.001	0.0033548	0.02
94.001	0.00331911	0.02
95.001	0.00328418	0.02
96.001	0.00324997	0.02
97.001	0.00321646	0.02
98.001	0.00318364	0.02
99.001	0.00315148	0.02
100	0.00312	0.02

g) CARGAS APLICADAS

i. CARGAS APLICADAS

CARGAS PERMANENTES

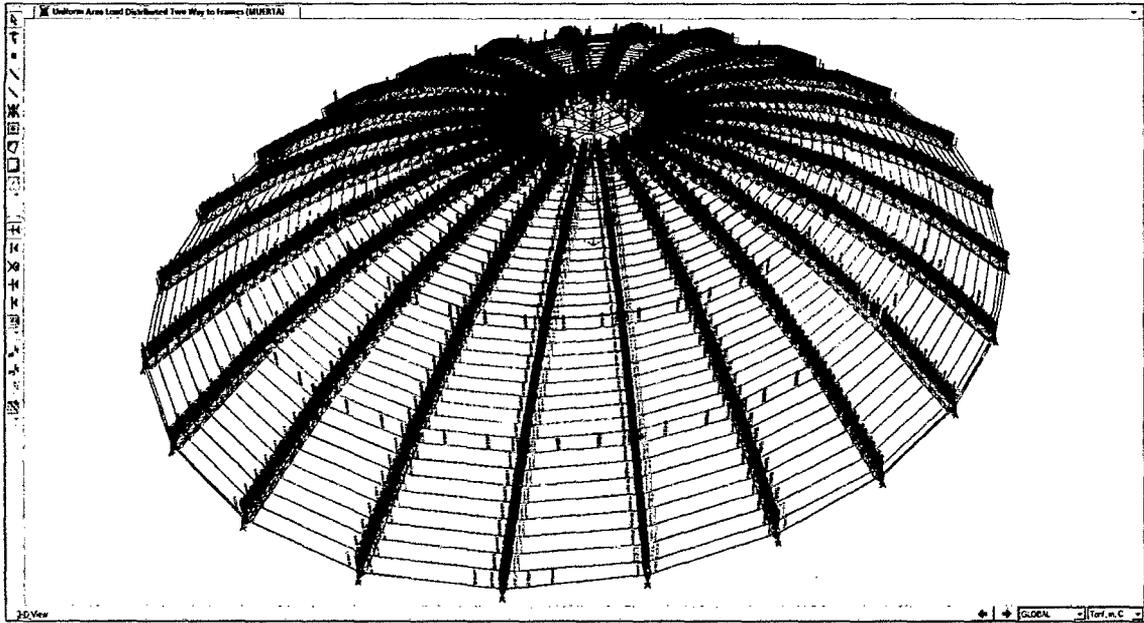


Fig. 4. Cargas permanentes (en color verde): se incluye el peso propio de la estructura y de la cobertura.

SOBRECARGAS

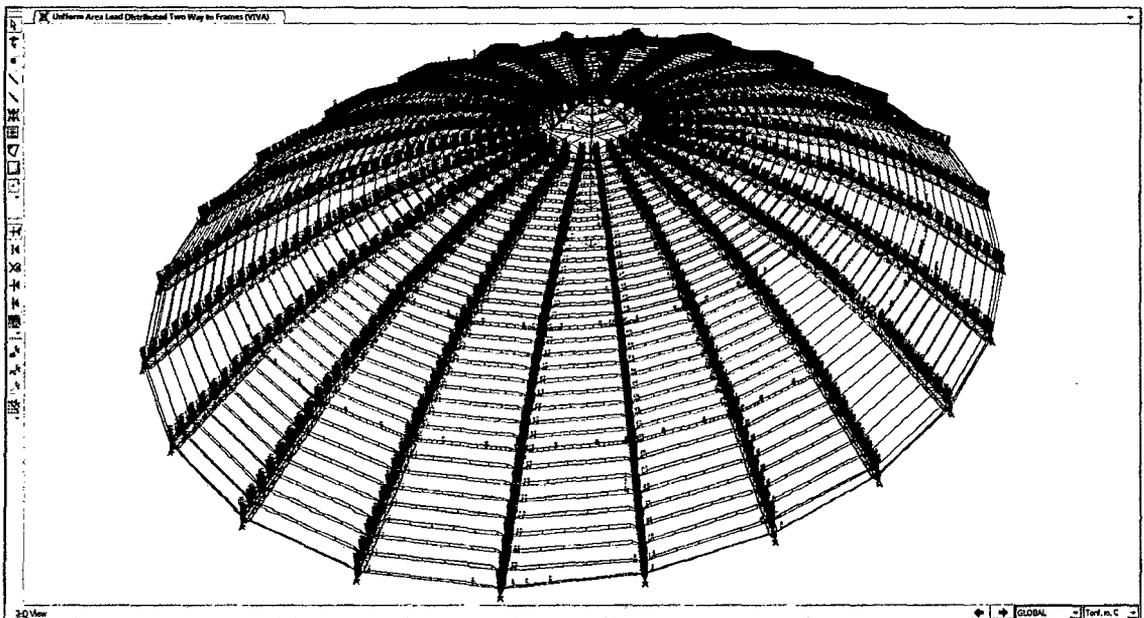


Fig. 5. Sobrecargas (en color verde): incluye la carga viva especificada en la NTE E 020.

CARGAS DE VIENTO

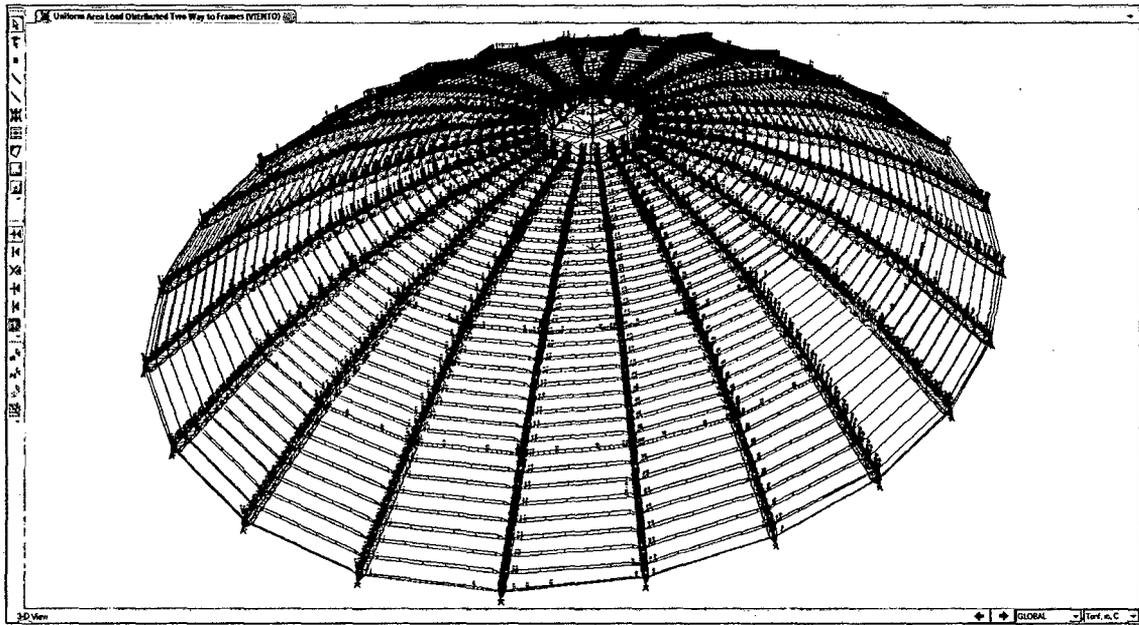


Fig. 6. Cargas de viento (en color verde), especificadas en la NTE E020.

h) ANALISIS ESTRUCTURAL

i. ANALISIS ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES

Cargas Permanentes: Peso propio y muerta (CM)

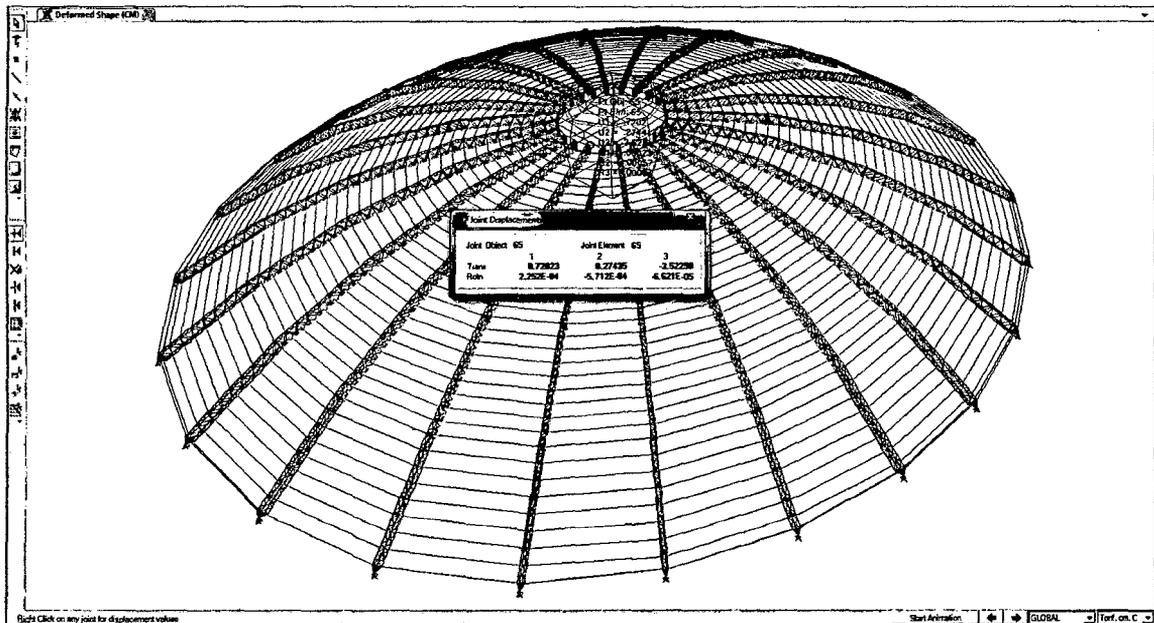


Fig. 7. Deflexiones en la estructura metálica, U1=0.7202cm, U2=0.2744cm, U3=3.5230cm.

Sobrecargas

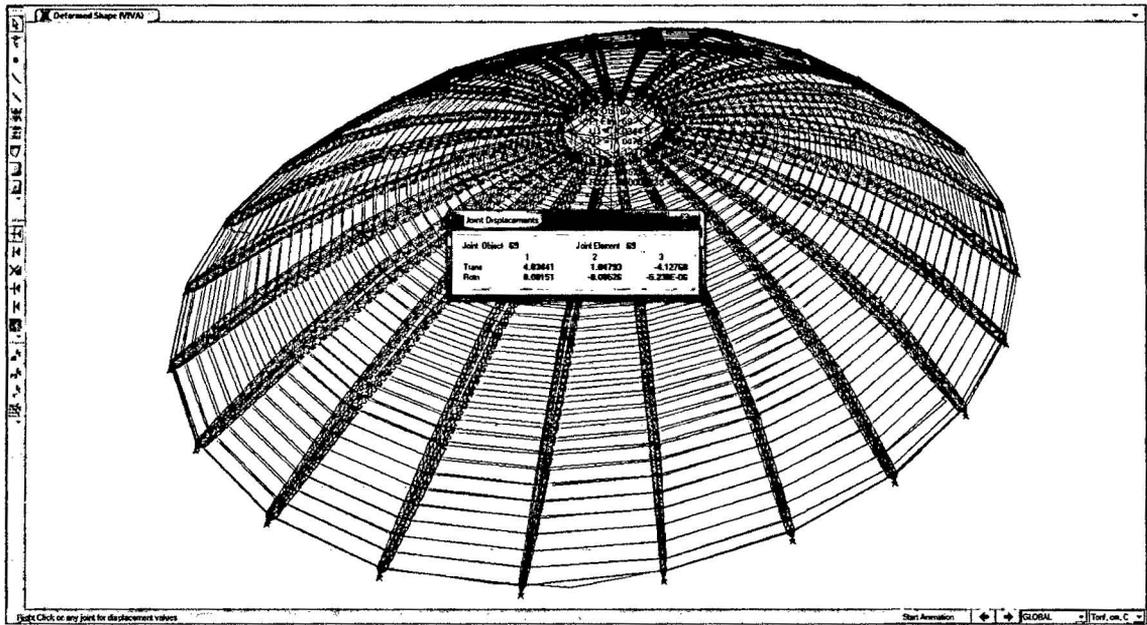


Fig. 8. Deflexiones en la estructura metálica. $U_1=4.0344\text{cm}$, $U_2=1.0479\text{cm}$, $U_3=4.1277\text{cm}$.

Cargas de viento.

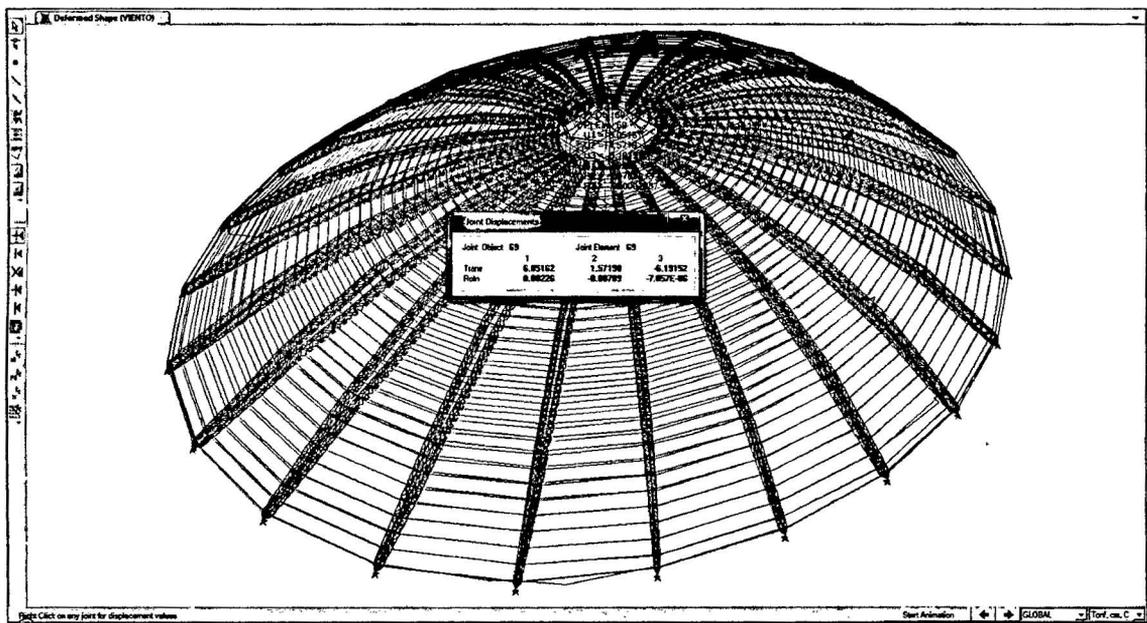


Fig. 9. Deflexiones en la estructura metálica. $U_1=6.0516\text{cm}$, $U_2=1.5719\text{cm}$, $U_3=6.1915\text{cm}$.

DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES

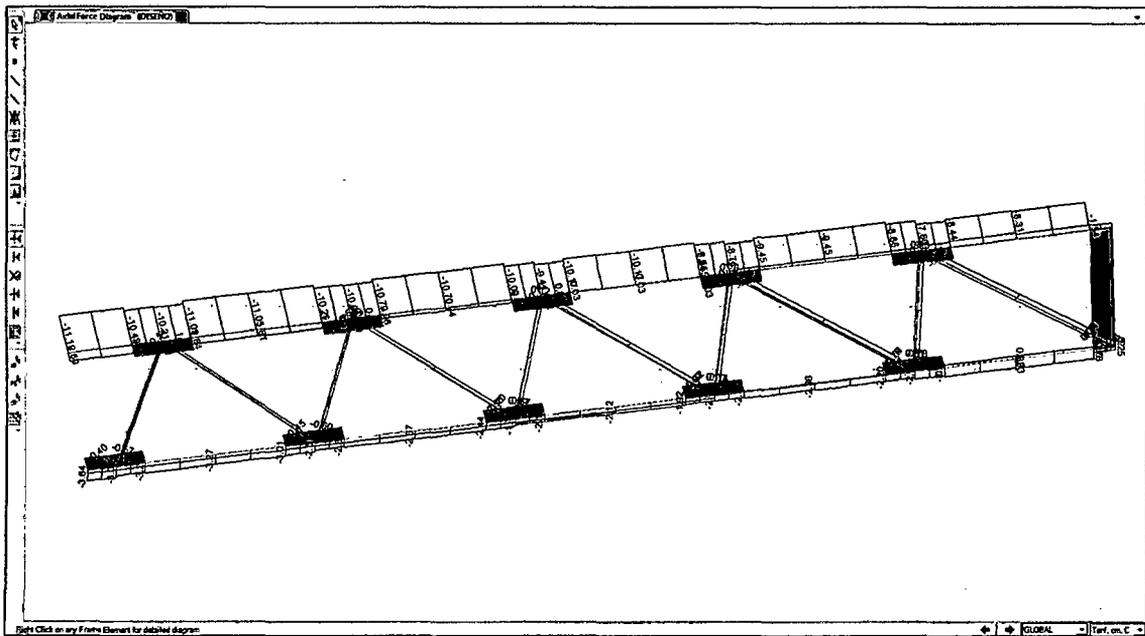


Fig. 10. Fuerzas axiales en la estructura metálica.

DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES

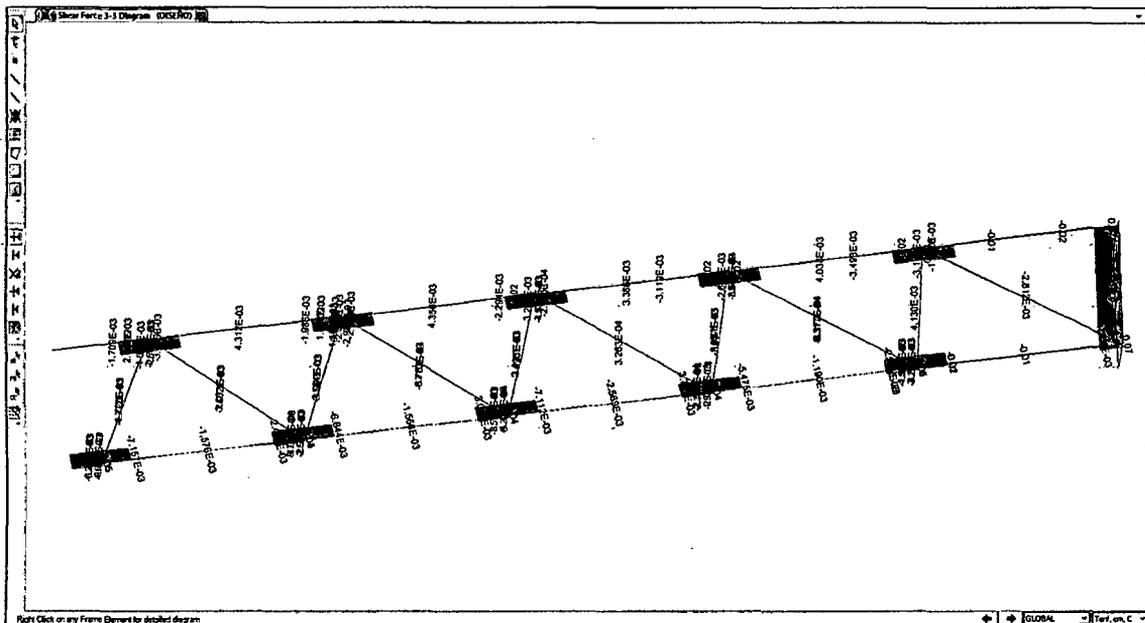


Fig. 11. Fuerzas cortantes en la estructura metálica.

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS

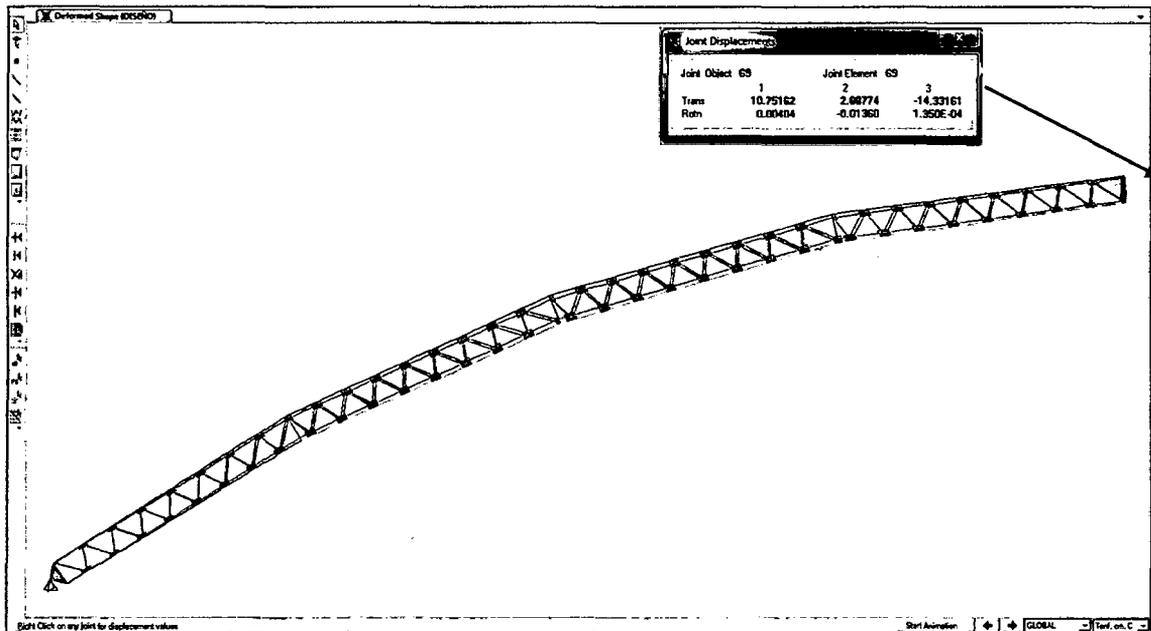


Fig. 14. Desplazamientos máximos en unión de Arcos y Anillo central.

En la dirección U1: 10.7516 cm

En la dirección U2: 2.8878 cm

En la dirección U3: 14.3316 cm

IDENTIFICACIÓN DE FALLAS POR CORTE

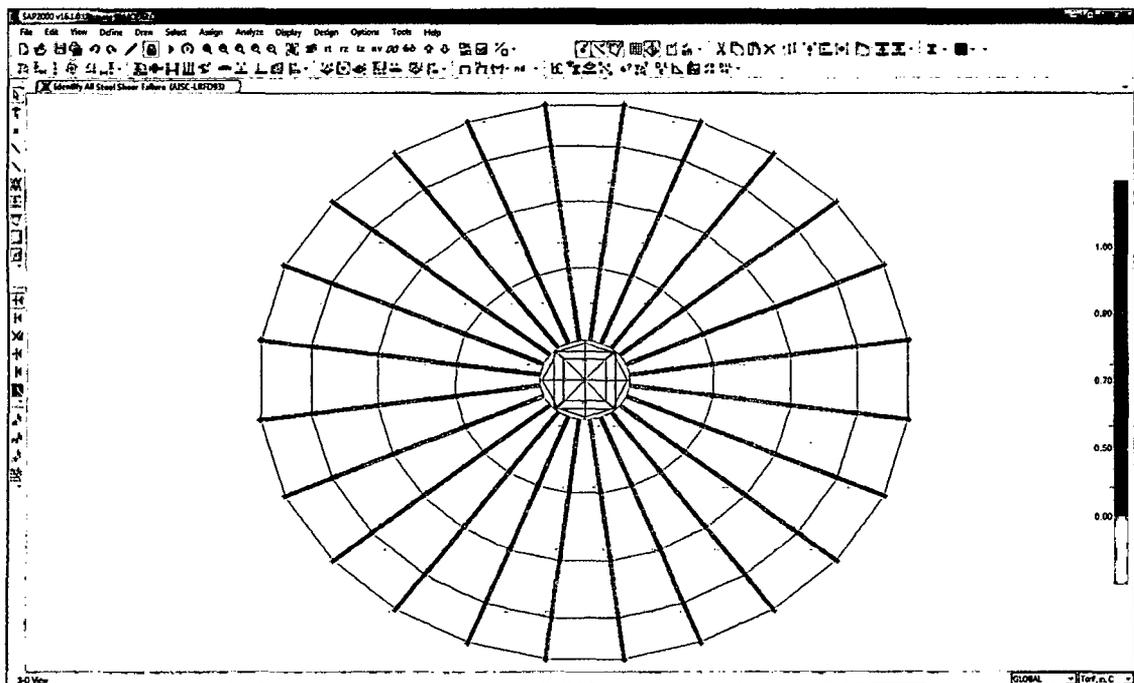


Fig. 15. Fallas por corte en Estructura Metálica.

i) **RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

i. **RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

REACCIONES EN LOS APOYOS DE LA ESTRUCTURA

TABLA 2: REACCIONES EN EL MODELO (Unidades=Toneladas-Metros)

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
2073	DISEÑO	Combination	Max	-13.2174	-5.5219	17.5177
2073	DISEÑO	Combination	Min	-20.5604	-8.5896	11.2614
3036	DISEÑO	Combination	Max	20.951	9.0019	17.8699
3036	DISEÑO	Combination	Min	13.4685	5.7869	11.4878
5733	DISEÑO	Combination	Max	7.6149	-11.9711	17.9304
5733	DISEÑO	Combination	Min	4.8953	-18.6217	11.5267
6537	DISEÑO	Combination	Max	13.9634	-10.6779	18.2468
6537	DISEÑO	Combination	Min	8.9765	-16.6101	11.7301
7365	DISEÑO	Combination	Max	17.0093	-8.4992	17.8005
7365	DISEÑO	Combination	Min	10.9346	-13.221	11.4432
8347	DISEÑO	Combination	Max	2.3802	-11.7744	17.2065
8347	DISEÑO	Combination	Min	1.5301	-18.3157	11.0613
9557	DISEÑO	Combination	Max	-1.244	-12.3783	17.5585
9557	DISEÑO	Combination	Min	-1.935	-19.2552	11.2876
10323	DISEÑO	Combination	Max	-5.1749	-12.2141	18.0695
10323	DISEÑO	Combination	Min	-8.0499	-18.9998	11.6161
10568	DISEÑO	Combination	Max	-8.4784	-10.7852	18.0515
10568	DISEÑO	Combination	Min	-13.1886	-16.7769	11.6046
11365	DISEÑO	Combination	Max	-11.3814	-8.6948	18.0963
11365	DISEÑO	Combination	Min	-17.7045	-13.5252	11.6333
12227	DISEÑO	Combination	Max	-15.2216	-2.0078	18.1681
12227	DISEÑO	Combination	Min	-23.6781	-3.1232	11.6795
13077	DISEÑO	Combination	Max	-14.6184	2.5261	17.6839
13077	DISEÑO	Combination	Min	-22.7397	1.6239	11.3682
13929	DISEÑO	Combination	Max	-13.7394	8.3684	17.7241
13929	DISEÑO	Combination	Min	-21.3725	5.3797	11.3941
14795	DISEÑO	Combination	Max	-10.9906	13.6499	17.7871
14795	DISEÑO	Combination	Min	-17.0964	8.7749	11.4346
15658	DISEÑO	Combination	Max	-8.1981	16.7392	17.9299
15658	DISEÑO	Combination	Min	-12.7526	10.7609	11.5264
16481	DISEÑO	Combination	Max	-5.3772	18.4441	17.8282
16481	DISEÑO	Combination	Min	-8.3645	11.8569	11.461
16742	DISEÑO	Combination	Max	-2.0038	19.9041	17.8119
16742	DISEÑO	Combination	Min	-3.117	12.7955	11.4505
17514	DISEÑO	Combination	Max	2.2457	19.7812	17.706
17514	DISEÑO	Combination	Min	1.4436	12.7165	11.3825
18319	DISEÑO	Combination	Max	8.6974	18.7555	17.9157

18319	DISEÑO	Combination	Min	5.5912	12.0571	11.5172
19114	DISEÑO	Combination	Max	13.8911	16.6273	18.1275
19114	DISEÑO	Combination	Min	8.93	10.689	11.6534
19940	DISEÑO	Combination	Max	17.6467	12.7508	17.8129
19940	DISEÑO	Combination	Min	11.3443	8.1969	11.4512
21679	DISEÑO	Combination	Max	22.4288	2.4632	17.567
21679	DISEÑO	Combination	Min	14.4185	1.5835	11.2931
22531	DISEÑO	Combination	Max	22.6949	-2.0234	17.8592
22531	DISEÑO	Combination	Min	14.5896	-3.1475	11.4809
23378	DISEÑO	Combination	Max	21.0358	-5.6736	17.9572
23378	DISEÑO	Combination	Min	13.523	-8.8256	11.5439

TABLA 3: FUERZA CORTANTE Y MOMENTOS EN LAS ELEMENTOS FRAME

F	Sttn	OtpTcs	CsTp	StpTp	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	cm	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-cm	Tonf-cm	Tonf-cm
1	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	-0.0328	-0.0002635	-0.102	0.087	-1.212
1	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	-0.0197	-0.0002635	-0.102	0.108	0.156
1	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	-0.0067	-0.0002635	-0.102	0.128	1.183
1	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	0.0099	-0.0002635	-0.102	0.149	1.197
1	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	0.0301	-0.0002635	-0.102	0.169	0.197
1	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	0.0504	-0.0002635	-0.102	0.19	-1.168
1	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0498	0.0707	-0.0002635	-0.102	0.21	-3.114
2	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	-0.0454	0.0031	0.089	0.308	-3.109
2	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	-0.0323	0.0031	0.089	0.155	-1.167
2	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	-0.0193	0.0031	0.089	0.001919	0.193
2	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	-0.0063	0.0031	0.089	-0.097	1.188
2	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	0.0105	0.0031	0.089	-0.196	1.168
2	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	0.0308	0.0031	0.089	-0.294	0.136
2	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0479	0.0511	0.0031	0.089	-0.393	-1.229
3	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	-0.0329	-0.002	-0.055	-0.397	-1.233
3	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	-0.0199	-0.002	-0.055	-0.297	0.137
3	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	-0.0069	-0.002	-0.055	-0.197	1.178
3	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	0.0096	-0.002	-0.055	-0.098	1.205
3	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	0.0299	-0.002	-0.055	0.002618	0.218
3	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	0.0501	-0.002	-0.055	0.158	-1.146
3	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0455	0.0704	-0.002	-0.055	0.312	-3.083
4	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	-0.0453	0.0003967	0.159	0.215	-3.087
4	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	-0.0323	0.0003967	0.159	0.195	-1.147
4	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	-0.0193	0.0003967	0.159	0.175	0.22
4	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	-0.0062	0.0003967	0.159	0.155	1.211
4	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	0.0106	0.0003967	0.159	0.135	1.189

4	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	0.0309	0.0003967	0.159	0.115	0.152
4	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0454	0.0511	0.0003967	0.159	0.096	-1.22
5	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	-0.0329	-0.0002607	-0.099	0.09	-1.22
5	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	-0.0198	-0.0002607	-0.099	0.11	0.151
5	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	-0.0068	-0.0002607	-0.099	0.13	1.186
5	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	0.0097	-0.0002607	-0.099	0.151	1.207
5	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	0.03	-0.0002607	-0.099	0.171	0.215
5	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	0.0503	-0.0002607	-0.099	0.191	-1.151
5	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0494	0.0705	-0.0002607	-0.099	0.211	-3.093
6	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	-0.0453	0.003	0.091	0.299	-3.088
6	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	-0.0323	0.003	0.091	0.147	-1.15
6	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	-0.0192	0.003	0.091	-0.002922	0.212
6	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	-0.0062	0.003	0.091	-0.101	1.2
6	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	0.0107	0.003	0.091	-0.198	1.175
6	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	0.0309	0.003	0.091	-0.296	0.135
6	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0492	0.0512	0.003	0.091	-0.394	-1.233
7	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	-0.033	-0.002	-0.06	-0.392	-1.237
7	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	-0.0199	-0.002	-0.06	-0.293	0.135
7	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	-0.0069	-0.002	-0.06	-0.195	1.179
7	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	0.0095	-0.002	-0.06	-0.096	1.21
7	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	0.0298	-0.002	-0.06	0.002947	0.227
7	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	0.0501	-0.002	-0.06	0.156	-1.137
7	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.045	0.0703	-0.002	-0.06	0.309	-3.072
8	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	-0.0453	0.0004594	0.154	0.225	-3.077
8	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	-0.0322	0.0004594	0.154	0.202	-1.139
8	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	-0.0192	0.0004594	0.154	0.179	0.23
8	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	-0.0062	0.0004594	0.154	0.156	1.218
8	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	0.0107	0.0004594	0.154	0.133	1.192
8	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	0.0309	0.0004594	0.154	0.11	0.152
8	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0456	0.0512	0.0004594	0.154	0.087	-1.222
9	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	-0.0369	-0.000119	1.126	-0.022	-0.793
9	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	-0.0239	-0.000119	1.126	-0.016	1.13
9	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	-0.0108	-0.000119	1.126	-0.009709	2.48
9	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	0.0034	-0.000119	1.126	-0.003758	2.817
9	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	0.0237	-0.000119	1.126	0.00341	2.14
9	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	0.044	-0.000119	1.126	0.013	0.449
9	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0299	0.0642	-0.000119	1.126	0.022	-1.45
10	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	-0.04	-0.00009198	-0.735	-0.009489	-1.363
10	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	-0.027	-0.00009198	-0.735	-0.00489	0.485
10	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	-0.0139	-0.00009198	-0.735	-0.000291	2.077
10	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	-0.0009132	-0.00009198	-0.735	0.006702	2.655
10	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	0.0189	-0.00009198	-0.735	0.014	2.219
10	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	0.0391	-0.00009198	-0.735	0.021	0.77
10	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0259	0.0594	-0.00009198	-0.735	0.028	-1.089
11	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	-0.0377	-0.00006937	1.166	-0.019	-0.971

11	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	-0.0246	-0.00006937	1.166	-0.016	0.912
11	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	-0.0116	-0.00006937	1.166	-0.012	2.321
11	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	0.0022	-0.00006937	1.166	-0.008924	2.716
11	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	0.0225	-0.00006937	1.166	-0.005455	2.098
11	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	0.0428	-0.00006937	1.166	-0.001987	0.466
11	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0521	0.0631	-0.00006937	1.166	0.002305	-1.401
12	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	-0.0395	0.00007618	-0.714	0.024	-1.317
12	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	-0.0265	0.00007618	-0.714	0.02	0.516
12	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	-0.0134	0.00007618	-0.714	0.016	2.068
12	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	-0.0003972	0.00007618	-0.714	0.012	2.605
12	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	0.0197	0.00007618	-0.714	0.008371	2.129
12	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	0.0399	0.00007618	-0.714	0.004562	0.64
12	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0488	0.0602	0.00007618	-0.714	0.0007535	-1.198
13	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	-0.0383	-0.0001455	1.124	-0.023	-1.108
13	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	-0.0253	-0.0001455	1.124	-0.016	0.749
13	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	-0.0122	-0.0001455	1.124	-0.008418	2.209
13	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	0.0012	-0.0001455	1.124	-0.001142	2.654
13	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	0.0215	-0.0001455	1.124	0.009541	2.087
13	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	0.0418	-0.0001455	1.124	0.021	0.505
13	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0224	0.062	-0.0001455	1.124	0.032	-1.344
14	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	-0.0403	-0.00005207	-0.762	-0.009958	-1.386
14	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	-0.0273	-0.00005207	-0.762	-0.007355	0.473
14	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	-0.0143	-0.00005207	-0.762	-0.004751	2.09
14	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	-0.0012	-0.00005207	-0.762	-0.002148	2.693
14	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	0.0184	-0.00005207	-0.762	0.0007087	2.282
14	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	0.0386	-0.00005207	-0.762	0.004759	0.857
14	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0239	0.0589	-0.00005207	-0.762	0.008808	-1.016
15	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	-0.0385	0.00007409	1.169	0.001897	-1.167
15	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	-0.0255	0.00007409	1.169	-0.001162	0.673
15	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	-0.0124	0.00007409	1.169	-0.003543	2.148
15	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	0.0009126	0.00007409	1.169	-0.005925	2.609
15	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	0.0212	0.00007409	1.169	-0.008306	2.056
15	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	0.0415	0.00007409	1.169	-0.011	0.49
15	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0497	0.0617	0.00007409	1.169	-0.013	-1.343
16	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	-0.0396	0.0001283	-0.67	0.034	-1.318
16	50	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	-0.0266	0.0001283	-0.67	0.028	0.526
16	100	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	-0.0136	0.0001283	-0.67	0.022	2.089
16	150	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	-0.0005376	0.0001283	-0.67	0.015	2.637
16	200	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	0.0194	0.0001283	-0.67	0.008766	2.172
16	250	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	0.0397	0.0001283	-0.67	0.002351	0.693
16	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0502	0.06	0.0001283	-0.67	-0.002612	-1.156
17	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0391	-0.0529	-0.0001892	0.082	-0.026	-5.079
17	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0391	-0.0419	-0.0001892	0.082	-0.018	-3.069
17	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0391	-0.0308	-0.0001892	0.082	-0.009538	-1.528
17	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0391	-0.0197	-0.0001892	0.082	-0.001511	-0.456

17	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0391	-0.0087	-0.0001892	0.082	0.01	0.228
17	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0391	0.0037	-0.0001892	0.082	0.023	0.436
18	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	-0.0552	-0.00009707	0.011	-0.011	-0.855
18	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	-0.0441	-0.00009707	0.011	-0.006868	1.946
18	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	-0.0331	-0.00009707	0.011	-0.002749	4.492
18	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	-0.022	-0.00009707	0.011	0.00213	6.309
18	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	-0.0109	-0.00009707	0.011	0.008536	7.395
18	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0001895	-0.00009707	0.011	0.015	7.752
19	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0001051	-0.00009192	0.008052	-0.00986	7.771
19	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0173	-0.00009192	0.008052	-0.00596	7.402
19	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0345	-0.00009192	0.008052	-0.00206	6.303
19	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0517	-0.00009192	0.008052	0.002862	4.474
19	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0689	-0.00009192	0.008052	0.008929	1.915
19	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0386	0.0861	-0.00009192	0.008052	0.015	-0.883
20	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.039	-0.0013	-0.0001711	0.023	-0.013	0.431
20	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.039	0.0152	-0.0001711	0.023	-0.005333	0.15
20	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.039	0.0324	-0.0001711	0.023	0.002997	-0.554
20	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.039	0.0496	-0.0001711	0.023	0.014	-1.673
20	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.039	0.0668	-0.0001711	0.023	0.026	-3.261
20	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.039	0.084	-0.0001711	0.023	0.037	-5.318
21	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0532	-0.0001479	0.028	-0.024	-5.222
21	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0422	-0.0001479	0.028	-0.017	-3.199
21	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0311	-0.0001479	0.028	-0.011	-1.645
21	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.02	-0.0001479	0.028	-0.004689	-0.56
21	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.009	-0.0001479	0.028	0.002469	0.087
21	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	0.0032	-0.0001479	0.028	0.012	0.315
22	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0553	0.0001371	0.005041	0.016	-0.939
22	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0442	0.0001371	0.005041	0.01	1.824
22	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0332	0.0001371	0.005041	0.004206	4.379
22	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0221	0.0001371	0.005041	-0.001035	6.204
22	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.0111	0.0001371	0.005041	-0.004774	7.299
22	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0369	-0.00000154	0.0001371	0.005041	-0.008513	7.664
23	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.037	0.00008202	0.0001605	-0.009099	0.017	7.661
23	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.037	0.0173	0.0001605	-0.009099	0.01	7.292
23	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.037	0.0345	0.0001605	-0.009099	0.00342	6.194
23	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.037	0.0517	0.0001605	-0.009099	-0.002179	4.366
23	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.037	0.0689	0.0001605	-0.009099	-0.006556	1.808
23	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.037	0.0861	0.0001605	-0.009099	-0.011	-0.951
24	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0368	-0.0017	-0.00000353	-0.026	0.0006352	0.304
24	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0368	0.0146	-0.00000353	-0.026	0.0008682	0.048
24	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0368	0.0318	-0.00000353	-0.026	0.001101	-0.603
24	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0368	0.049	-0.00000353	-0.026	0.001334	-1.706
24	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0368	0.0662	-0.00000353	-0.026	0.001567	-3.278
24	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0368	0.0834	-0.00000353	-0.026	0.0018	-5.32
25	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0201	-0.084	0.0005628	0.873	0.073	-4.979

25	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0201	-0.0729	0.0005628	0.873	0.049	-1.651
25	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0201	-0.0619	0.0005628	0.873	0.025	1.88
25	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0201	-0.0508	0.0005628	0.873	0.0009344	5.598
25	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0201	-0.0397	0.0005628	0.873	-0.015	8.586
25	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0201	-0.0287	0.0005628	0.873	-0.03	10.844
26	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.02	0.0449	-0.00004506	-0.574	-0.00457	10.914
26	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.02	0.0621	-0.00004506	-0.574	-0.002658	8.645
26	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.02	0.0793	-0.00004506	-0.574	-0.0007464	5.645
26	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.02	0.0965	-0.00004506	-0.574	0.001813	1.915
26	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.02	0.1137	-0.00004506	-0.574	0.004787	-1.636
26	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.02	0.1309	-0.00004506	-0.574	0.007761	-4.972
27	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0225	-0.0839	-0.00001029	0.881	-0.002825	-4.907
27	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0225	-0.0729	-0.00001029	0.881	-0.002389	-1.582
27	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0225	-0.0618	-0.00001029	0.881	-0.001952	1.983
27	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0225	-0.0507	-0.00001029	0.881	-0.001516	5.696
27	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0225	-0.0397	-0.00001029	0.881	-0.00108	8.68
27	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0225	-0.0286	-0.00001029	0.881	-0.0006433	10.934
28	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	0.0447	0.00002685	-0.575	-0.002962	10.957
28	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	0.0619	0.00002685	-0.575	-0.003694	8.695
28	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	0.0791	0.00002685	-0.575	-0.004427	5.703
28	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	0.0963	0.00002685	-0.575	-0.005159	1.981
28	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	0.1135	0.00002685	-0.575	-0.005892	-1.588
28	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	0.1307	0.00002685	-0.575	-0.006624	-4.919
29	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0206	-0.0835	0.0004525	0.895	0.057	-4.943
29	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0206	-0.0725	0.0004525	0.895	0.037	-1.633
29	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0206	-0.0614	0.0004525	0.895	0.018	1.879
29	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0206	-0.0504	0.0004525	0.895	-0.0006534	5.568
29	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0206	-0.0393	0.0004525	0.895	-0.013	8.527
29	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0206	-0.0283	0.0004525	0.895	-0.025	10.757
30	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0205	0.0441	-0.00006643	-0.585	-0.003105	10.772
30	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0205	0.0614	-0.00006643	-0.585	-0.000287	8.534
30	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0205	0.0786	-0.00006643	-0.585	0.003938	5.566
30	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0205	0.0958	-0.00006643	-0.585	0.008321	1.868
30	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0205	0.113	-0.00006643	-0.585	0.013	-1.645
30	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0205	0.1302	-0.00006643	-0.585	0.017	-4.961
31	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	-0.0839	-0.0001342	0.907	-0.018	-4.916
31	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	-0.0729	-0.0001342	0.907	-0.012	-1.589
31	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	-0.0618	-0.0001342	0.907	-0.006667	1.974
31	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	-0.0508	-0.0001342	0.907	-0.0009733	5.69
31	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	-0.0397	-0.0001342	0.907	0.007343	8.676
31	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0223	-0.0287	-0.0001342	0.907	0.016	10.932
32	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0222	0.0441	0.00009781	-0.563	-0.0009267	10.906
32	42.426	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0222	0.0613	0.00009781	-0.563	-0.003594	8.671
32	84.853	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0222	0.0785	0.00009781	-0.563	-0.006262	5.706
32	127.279	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0222	0.0957	0.00009781	-0.563	-0.00893	2.01

32	169.706	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0222	0.1129	0.00009781	-0.563	-0.012	-1.552
32	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0222	0.1301	0.00009781	-0.563	-0.014	-4.866
33	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.4568	-0.0029	-0.0025	0.0008297	-1.097	-1.195
33	150	DISEÑO	COMB.	Max	1.3959	-0.0029	-0.0025	0.0008297	-0.729	-0.76
33	300	DISEÑO	COMB.	Max	1.3351	-0.0029	-0.0025	0.0008297	-0.361	-0.325
34	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1061	-0.0064	-0.0064	-0.001782	-1.139	-1.131
34	150	DISEÑO	COMB.	Max	0.0453	-0.0064	-0.0064	-0.001782	-0.172	-0.171
34	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.01	-0.0064	-0.0064	-0.001782	1.235	1.226
35	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.4422	0.0052	-0.0026	-0.00316	-1.123	1.995
35	150	DISEÑO	COMB.	Max	1.3814	0.0052	-0.0026	-0.00316	-0.731	1.22
35	300	DISEÑO	COMB.	Max	1.3206	0.0052	-0.0026	-0.00316	-0.338	0.446
36	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.0995	0.0098	-0.0063	0.002537	-1.123	1.74
36	150	DISEÑO	COMB.	Max	0.0387	0.0098	-0.0063	0.002537	-0.173	0.27
36	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0142	0.0098	-0.0063	0.002537	1.209	-0.772
37	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.4585	0.0067	0.0043	-0.0002884	1.794	2.35
37	150	DISEÑO	COMB.	Max	1.3976	0.0067	0.0043	-0.0002884	1.153	1.343
37	300	DISEÑO	COMB.	Max	1.3368	0.0067	0.0043	-0.0002884	0.513	0.336
38	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1051	0.0099	0.0099	-0.001344	1.745	1.741
38	150	DISEÑO	COMB.	Max	0.0442	0.0099	0.0099	-0.001344	0.259	0.263
38	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0107	0.0099	0.0099	-0.001344	-0.789	-0.781
39	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.4465	-0.0029	0.0055	0.0003729	2.064	-1.197
39	150	DISEÑO	COMB.	Max	1.3856	-0.0029	0.0055	0.0003729	1.238	-0.768
39	300	DISEÑO	COMB.	Max	1.3248	-0.0029	0.0055	0.0003729	0.412	-0.339
40	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1001	-0.0064	0.0098	-0.003147	1.728	-1.149
40	150	DISEÑO	COMB.	Max	0.0392	-0.0064	0.0098	-0.003147	0.265	-0.184
40	300	DISEÑO	COMB.	Max	-0.0139	-0.0064	0.0098	-0.003147	-0.77	1.214
41	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1058	-0.0136	-0.004	0.001095	-0.702	-0.094
41	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1363	0.0093	-0.004	0.001095	-0.278	0.477
41	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1667	0.0397	-0.004	0.001095	0.226	-1.366
42	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.229	-0.0458	-0.0037	0.035	-0.173	-3.725
42	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.2595	-0.0263	-0.0037	0.035	0.344	0.151
42	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2899	-0.0067	-0.0037	0.035	0.957	2.872
43	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3548	-0.0486	-0.0035	0.194	0.748	-3.575
43	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3852	-0.0291	-0.0035	0.194	1.331	0.852
43	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.4156	-0.0095	-0.0035	0.194	1.915	4.039
44	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.484	-0.0263	0.0071	0.674	1.098	-0.617
44	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.5144	-0.0068	0.0071	0.674	0.341	1.77
44	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.5448	0.0199	0.0071	0.674	-0.267	1.274
45	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.0998	-0.0135	0.0043	0.127	0.767	-0.077
45	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1302	0.0095	0.0043	0.127	0.307	0.487
45	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1606	0.0399	0.0043	0.127	-0.099	-1.37
46	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2233	-0.0459	0.0049	-0.0005752	0.281	-3.73
46	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.2537	-0.0263	0.0049	-0.0005752	-0.157	0.151
46	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2841	-0.0068	0.0049	-0.0005752	-0.494	2.879
47	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3493	-0.0485	0.0052	-0.135	-0.392	-3.57

47	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3797	-0.0289	0.0052	-0.135	-0.748	0.836
47	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.4101	-0.0094	0.0052	-0.135	-1.104	3.999
48	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.4786	-0.0285	-0.0042	-0.449	-0.608	-0.753
48	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.509	-0.0089	-0.0042	-0.449	-0.159	1.918
48	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.5394	0.0165	-0.0042	-0.449	0.451	1.782
49	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.172	0.001	-0.0151	1.317	-3.675	2.568
49	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1915	0.0314	-0.0151	1.317	-2.073	0.848
49	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2111	0.0618	-0.0151	1.317	-0.471	-2.634
50	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2302	-0.0043	-0.0075	0.545	-0.785	1.074
50	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2497	0.0238	-0.0075	0.545	0.019	0.167
50	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2693	0.0542	-0.0075	0.545	1.258	-2.55
51	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3826	-0.0058	0.0017	-0.269	0.455	1.507
51	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3522	0.0214	0.0017	-0.269	0.276	0.852
51	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.3218	0.0518	0.0017	-0.269	0.097	-1.947
52	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2108	-0.0068	0.0013	0.076	0.131	0.641
52	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1804	0.0198	0.0013	0.076	-0.001302	0.151
52	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.15	0.0502	0.0013	0.076	-0.087	-2.291
53	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1497	-0.0322	-0.0014	-0.069	-0.018	-2.287
53	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1801	-0.0127	-0.0014	-0.069	0.21	0.151
53	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2106	0.0107	-0.0014	-0.069	0.447	0.633
54	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3218	-0.0334	-0.0011	0.327	0.319	-1.952
54	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3522	-0.0139	-0.0011	0.327	0.493	0.866
54	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.3826	0.0088	-0.0011	0.327	0.666	1.544
55	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2725	-0.0343	0.0106	-0.311	1.109	-2.497
55	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2529	-0.0148	0.0106	-0.311	-0.007818	0.166
55	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2334	0.0074	0.0106	-0.311	-0.729	0.99
56	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2166	-0.0392	0.0232	-0.836	-0.42	-2.577
56	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1971	-0.0196	0.0232	-0.836	-2.002	0.84
56	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1775	-0.00005997	0.0232	-0.836	-3.585	2.462
57	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.5481	-0.011	0.0068	0.673	0.507	1.689
57	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.5177	0.0133	0.0068	0.673	-0.135	1.891
57	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.4873	0.0437	0.0068	0.673	-0.596	-0.728
58	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.4188	0.015	-0.0033	0.201	-1.091	4.042
58	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3884	0.0454	-0.0033	0.201	-0.737	0.84
58	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.358	0.0758	-0.0033	0.201	-0.384	-3.592
59	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2928	0.0107	-0.0031	-0.00008785	-0.485	2.894
59	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.2624	0.0411	-0.0031	-0.00008785	-0.154	0.149
59	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2319	0.0715	-0.0031	-0.00008785	0.277	-3.743
60	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1694	-0.0257	-0.0028	-0.082	-0.102	-1.375
60	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.139	-0.0061	-0.0028	-0.082	0.302	0.483
60	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1086	0.0209	-0.0028	-0.082	0.762	-0.078
61	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1139	-0.0136	0.0061	0.0002067	1.095	-0.097
61	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1443	0.0093	0.0061	0.0002067	0.446	0.474
61	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1747	0.0397	0.0061	0.0002067	-0.13	-1.367
62	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2372	-0.046	0.0058	-0.02	0.288	-3.742

62	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.2676	-0.0264	0.0058	-0.02	-0.212	0.149
62	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2981	-0.0069	0.0058	-0.02	-0.609	2.893
63	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3632	-0.0488	0.0055	-0.121	-0.48	-3.593
63	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3936	-0.0292	0.0055	-0.121	-0.855	0.847
63	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.424	-0.0097	0.0055	-0.121	-1.231	4.058
64	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.4926	-0.0273	-0.005	-0.423	-0.713	-0.678
64	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.523	-0.0077	-0.005	-0.423	-0.186	1.834
64	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.5534	0.0184	-0.005	-0.423	0.531	1.498
65	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1729	0.001	0.0236	-0.841	5.73	2.563
65	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1925	0.0314	0.0236	-0.841	3.227	0.842
65	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.212	0.0618	0.0236	-0.841	0.723	-2.639
66	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2305	-0.0043	0.0117	-0.346	1.196	1.07
66	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2501	0.0237	0.0117	-0.346	-0.027	0.165
66	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2696	0.0542	0.0117	-0.346	-0.822	-2.55
67	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3825	-0.0057	-0.0009825	0.414	-0.274	1.534
67	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3521	0.0216	-0.0009825	0.414	-0.17	0.856
67	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.3217	0.052	-0.0009825	0.414	-0.066	-1.96
68	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2105	-0.0068	-0.0007961	-0.049	-0.086	0.647
68	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1801	0.0199	-0.0007961	-0.049	-0.001075	0.148
68	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1497	0.0503	-0.0007961	-0.049	0.13	-2.299
69	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1503	-0.0323	0.0022	0.106	0.036	-2.294
69	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1807	-0.0128	0.0022	0.106	-0.127	0.149
69	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2111	0.0106	0.0022	0.106	-0.278	0.641
70	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3225	-0.0334	0.0017	-0.213	-0.196	-1.956
70	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3529	-0.0139	0.0017	-0.213	-0.311	0.86
70	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.3833	0.0088	0.0017	-0.213	-0.426	1.537
71	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1764	0.0008146	-0.0151	1.292	-3.589	2.544
71	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1959	0.0312	-0.0151	1.292	-1.989	0.845
71	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2155	0.0616	-0.0151	1.292	-0.389	-2.623
72	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2331	-0.0045	-0.0066	0.487	-0.691	1.033
72	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2526	0.0234	-0.0066	0.487	0.009274	0.161
72	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2722	0.0538	-0.0066	0.487	1.093	-2.53
73	0	DISEÑO	COMB.	Max	2.8007	1.0065	0.5336	8.8	76.042	-43.752
73	40	DISEÑO	COMB.	Max	2.8007	1.0457	0.5081	8.8	55.207	-70.138
74	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.5446	-0.0122	0.0055	0.747	0.077	1.395
74	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.5142	0.0114	0.0055	0.747	-0.326	1.798
74	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.4838	0.0418	0.0055	0.747	-0.701	-0.659
75	0	DISEÑO	COMB.	Max	3.262	0.514	0.6907	9.667	84.174	-49.756
75	40	DISEÑO	COMB.	Max	3.262	0.5532	0.6652	9.667	57.055	-63.477
76	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.415	0.0144	-0.0036	0.202	-1.244	3.982
76	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3846	0.0448	-0.0036	0.202	-0.857	0.846
76	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.3542	0.0752	-0.0036	0.202	-0.47	-3.546
77	0	DISEÑO	COMB.	Max	3.1681	0.1578	0.4516	4.205	75.034	-40.184
77	40	DISEÑO	COMB.	Max	3.1681	0.197	0.4262	4.205	57.478	-44.746
78	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.289	0.01	-0.0038	0.03	-0.611	2.829

78	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.2586	0.0404	-0.0038	0.03	-0.212	0.155
78	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2282	0.0708	-0.0038	0.03	0.29	-3.693
79	0	DISEÑO	COMB.	Max	3.0512	-0.2114	0.1798	1.526	68.84	-52.352
79	40	DISEÑO	COMB.	Max	3.0512	-0.1862	0.1544	1.526	62.157	-44.398
80	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1655	-0.0255	-0.0039	-0.0005403	-0.128	-1.356
80	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1351	-0.0059	-0.0039	-0.0005403	0.448	0.482
80	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1046	0.0212	-0.0039	-0.0005403	1.096	-0.097
81	0	DISEÑO	COMB.	Max	2.7497	-0.3689	-0.0481	-0.792	62.08	-54.922
81	40	DISEÑO	COMB.	Max	2.7497	-0.3436	-0.0645	-0.792	65.583	-40.672
82	0	DISEÑO	COMB.	Max	2.6857	-0.2247	-0.176	-3.029	28.274	-58.267
82	40	DISEÑO	COMB.	Max	2.6857	-0.1995	-0.1923	-3.029	39.733	-49.784
83	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.5393	-0.0125	-0.0039	-0.459	-0.24	1.326
83	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.5089	0.0109	-0.0039	-0.459	0.274	1.781
83	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.4785	0.0413	-0.0039	-0.459	0.92	-0.636
84	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.4103	0.0144	0.0052	-0.138	1.712	3.98
84	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3799	0.0448	0.0052	-0.138	1.162	0.844
84	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.3495	0.0752	0.0052	-0.138	0.613	-3.547
85	0	DISEÑO	COMB.	Max	2.4003	-0.834	-0.3181	-5.245	54.203	-72.683
85	40	DISEÑO	COMB.	Max	2.4003	-0.8088	-0.3345	-5.245	74.507	-39.828
86	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2843	0.01	0.005	0.005217	0.785	2.827
86	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.2539	0.0404	0.005	0.005217	0.254	0.155
86	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.2235	0.0708	0.005	0.005217	-0.178	-3.692
87	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.582	-0.5797	-0.2383	-5.318	58.682	-68.289
87	40	DISEÑO	COMB.	Max	1.582	-0.5545	-0.2547	-5.318	74.019	-45.604
88	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.1609	-0.0256	0.0043	0.127	0.156	-1.367
88	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1305	-0.0061	0.0043	0.127	-0.195	0.492
88	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1001	0.0209	0.0043	0.127	-0.49	-0.074
89	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.8444	-0.4542	-0.1151	-4.091	63.523	-68.262
89	40	DISEÑO	COMB.	Max	0.8444	-0.429	-0.1315	-4.091	71.194	-50.597
90	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2711	-0.0342	0.0115	-0.31	1.177	-2.488
90	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2516	-0.0147	0.0115	-0.31	-0.028	0.167
90	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.232	0.0076	0.0115	-0.31	-0.812	0.978
91	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.7228	0.2501	-0.0157	-1.872	66.573	-54.621
91	40	DISEÑO	COMB.	Max	0.7228	0.2893	-0.0321	-1.872	68.058	-61.557
92	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2144	-0.0394	0.0227	-0.852	-0.462	-2.59
92	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1948	-0.0198	0.0227	-0.852	-2.009	0.856
92	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1753	-0.000281	0.0227	-0.852	-3.556	2.515
93	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.2321	0.4725	0.1321	1.446	64.268	-52.965
93	40	DISEÑO	COMB.	Max	1.2321	0.5117	0.1066	1.446	59.493	-65.618
94	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1738	-0.0001042	-0.0151	1.332	-3.696	2.429
94	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.1933	0.0302	-0.0151	1.332	-2.098	0.833
94	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2129	0.0607	-0.0151	1.332	-0.5	-2.564
95	0	DISEÑO	COMB.	Max	1.9223	0.7492	0.4123	6.535	73.429	-50.25
95	40	DISEÑO	COMB.	Max	1.9223	0.7884	0.3869	6.535	57.445	-70.018
96	0	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2302	-0.0049	-0.0078	0.54	-0.821	0.981

96	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2498	0.0228	-0.0078	0.54	0.012	0.173
96	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	-0.2693	0.0532	-0.0078	0.54	1.302	-2.481
97	0	DISEÑO	COMB.	Max	2.1771	0.2373	0.534	10.435	79.716	-54.59
97	40	DISEÑO	COMB.	Max	2.1771	0.2765	0.5085	10.435	58.866	-61.197
98	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.3808	-0.0058	0.0015	-0.264	0.437	1.522
98	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.3504	0.0214	0.0015	-0.264	0.276	0.862
98	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.32	0.0518	0.0015	-0.264	0.114	-1.943
99	0	DISEÑO	COMB.	Max	2.0305	0.4321	0.5868	8.736	79.886	-49.622
99	40	DISEÑO	COMB.	Max	2.0305	0.4713	0.5614	8.736	56.922	-61.238
100	0	DISEÑO	COMB.	Max	0.2095	-0.007	0.0013	0.078	0.145	0.613
100	106.066	DISEÑO	COMB.	Max	0.1791	0.0195	0.0013	0.078	0.01	0.154
100	212.132	DISEÑO	COMB.	Max	0.1487	0.0499	0.0013	0.078	-0.08	-2.27

TABLA 4: DESPLAZAMIENTOS EN CENTIMETROS

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	cm	cm	cm
1	DISEÑO	Combination	Max	10.65547	2.970069	-2.031373
1	DISEÑO	Combination	Min	-7.180427	-1.954679	-3.855375
2	DISEÑO	Combination	Max	10.652044	2.970909	-1.614256
2	DISEÑO	Combination	Min	-7.183757	-1.967485	-3.813537
3	DISEÑO	Combination	Max	12.053497	3.379652	-1.614219
3	DISEÑO	Combination	Min	-8.136433	-2.161159	-3.813516
4	DISEÑO	Combination	Max	12.057116	3.383325	-2.031293
4	DISEÑO	Combination	Min	-8.137448	-2.157365	-3.855148
5	DISEÑO	Combination	Max	10.671053	2.984455	-0.521001
5	DISEÑO	Combination	Min	-7.212287	-1.994871	-4.242007
6	DISEÑO	Combination	Max	12.072418	3.389492	-0.520895
6	DISEÑO	Combination	Min	-8.154181	-2.183143	-4.241988
7	DISEÑO	Combination	Max	10.671587	2.993377	-0.170676
7	DISEÑO	Combination	Min	-7.217592	-2.002379	-4.552637
8	DISEÑO	Combination	Max	12.073581	3.399646	-0.170557
8	DISEÑO	Combination	Min	-8.156676	-2.193086	-4.552611
9	DISEÑO	Combination	Max	10.647616	3.045105	0.828441
9	DISEÑO	Combination	Min	-7.203278	-2.013229	-5.405194
10	DISEÑO	Combination	Max	12.051748	3.458982	0.828592
10	DISEÑO	Combination	Min	-8.142183	-2.23384	-5.405381
11	DISEÑO	Combination	Max	10.662926	3.06851	1.151995
11	DISEÑO	Combination	Min	-7.211967	-2.02046	-5.637016
12	DISEÑO	Combination	Max	12.06819	3.483941	1.152135
12	DISEÑO	Combination	Min	-8.1524	-2.2496	-5.637352
13	DISEÑO	Combination	Max	10.78306	3.154487	2.088854
13	DISEÑO	Combination	Min	-7.298229	-2.062067	-6.292202
14	DISEÑO	Combination	Max	12.187315	3.569484	2.088766
14	DISEÑO	Combination	Min	-8.234733	-2.307974	-6.292237

15	DISEÑO	Combination	Max	10.791583	3.163523	2.281072
15	DISEÑO	Combination	Min	-7.316358	-2.072151	-6.428154
16	DISEÑO	Combination	Max	12.196185	3.578241	2.281052
16	DISEÑO	Combination	Min	-8.244632	-2.316597	-6.428177
17	DISEÑO	Combination	Max	10.785755	3.18076	2.879254
17	DISEÑO	Combination	Min	-7.332906	-2.08589	-6.837103
18	DISEÑO	Combination	Max	12.188451	3.593802	2.879309
18	DISEÑO	Combination	Min	-8.249466	-2.334332	-6.837097
19	DISEÑO	Combination	Max	10.784816	3.1827	2.929415
19	DISEÑO	Combination	Min	-7.337353	-2.085395	-6.876069
20	DISEÑO	Combination	Max	12.188076	3.595985	2.929444
20	DISEÑO	Combination	Min	-8.25114	-2.33625	-6.876016
21	DISEÑO	Combination	Max	10.756459	3.179762	2.979323
21	DISEÑO	Combination	Min	-7.31158	-2.070621	-6.921296
22	DISEÑO	Combination	Max	12.167289	3.596088	2.979299
22	DISEÑO	Combination	Min	-8.234187	-2.334167	-6.921416
23	DISEÑO	Combination	Max	10.742965	3.17997	2.885012
23	DISEÑO	Combination	Min	-7.298045	-2.06672	-6.862598
24	DISEÑO	Combination	Max	12.155409	3.59689	2.885039
24	DISEÑO	Combination	Min	-8.224025	-2.334061	-6.86273
25	DISEÑO	Combination	Max	10.670133	3.182543	2.436729
25	DISEÑO	Combination	Min	-7.257465	-2.058154	-6.569603
26	DISEÑO	Combination	Max	12.087041	3.599697	2.436617
26	DISEÑO	Combination	Min	-8.182662	-2.334801	-6.5697
27	DISEÑO	Combination	Max	10.644114	3.187683	2.204096
27	DISEÑO	Combination	Min	-7.249107	-2.057038	-6.415081
28	DISEÑO	Combination	Max	12.060231	3.605406	2.203998
28	DISEÑO	Combination	Min	-8.170385	-2.337507	-6.415149
29	DISEÑO	Combination	Max	10.567986	3.199992	1.292784
29	DISEÑO	Combination	Min	-7.213572	-2.049882	-5.80845
30	DISEÑO	Combination	Max	11.969779	3.624447	1.292813
30	DISEÑO	Combination	Min	-8.123467	-2.344525	-5.808674
31	DISEÑO	Combination	Max	10.569207	3.20153	0.93345
31	DISEÑO	Combination	Min	-7.211919	-2.048208	-5.568455
32	DISEÑO	Combination	Max	11.967992	3.627378	0.933488
32	DISEÑO	Combination	Min	-8.122975	-2.34583	-5.568625
33	DISEÑO	Combination	Max	10.592789	3.176789	-0.154434
33	DISEÑO	Combination	Min	-7.213417	-2.029297	-4.694554
34	DISEÑO	Combination	Max	11.989011	3.603404	-0.154294
34	DISEÑO	Combination	Min	-8.132261	-2.332366	-4.694599
35	DISEÑO	Combination	Max	10.614526	3.16424	-0.520631
35	DISEÑO	Combination	Min	-7.217309	-2.02387	-4.383863
36	DISEÑO	Combination	Max	12.012105	3.589103	-0.520494
36	DISEÑO	Combination	Min	-8.145084	-2.324423	-4.38386
37	DISEÑO	Combination	Max	10.563402	3.131325	-1.68858

37	DISEÑO	Combination	Min	-7.18275	-1.981162	-3.945344
38	DISEÑO	Combination	Max	11.970785	3.540896	-1.688595
38	DISEÑO	Combination	Min	-8.118216	-2.289556	-3.945714
39	DISEÑO	Combination	Max	10.564748	3.133996	-2.110811
39	DISEÑO	Combination	Min	-7.187769	-1.971704	-3.989129
40	DISEÑO	Combination	Max	11.974401	3.539608	-2.110788
40	DISEÑO	Combination	Min	-8.123171	-2.285379	-3.9894
41	DISEÑO	Combination	Max	10.613436	3.145817	-1.948262
41	DISEÑO	Combination	Min	-7.223031	-1.945889	-4.419344
42	DISEÑO	Combination	Max	12.027832	3.5392	-1.948336
42	DISEÑO	Combination	Min	-8.162733	-2.274743	-4.419438
43	DISEÑO	Combination	Max	10.623367	3.130547	-1.553896
43	DISEÑO	Combination	Min	-7.226488	-1.933682	-4.994564
44	DISEÑO	Combination	Max	12.036846	3.523491	-1.554041
44	DISEÑO	Combination	Min	-8.168893	-2.262975	-4.994722
45	DISEÑO	Combination	Max	10.673849	3.062055	-0.490383
45	DISEÑO	Combination	Min	-7.246668	-1.900843	-6.560564
46	DISEÑO	Combination	Max	12.084243	3.462156	-0.490549
46	DISEÑO	Combination	Min	-8.198757	-2.225526	-6.560527
47	DISEÑO	Combination	Max	10.681508	3.03353	-0.099293
47	DISEÑO	Combination	Min	-7.246651	-1.890447	-7.134771
48	DISEÑO	Combination	Max	12.089751	3.434245	-0.099485
48	DISEÑO	Combination	Min	-8.201862	-2.207759	-7.134765
49	DISEÑO	Combination	Max	10.694923	2.996576	0.913473
49	DISEÑO	Combination	Min	-7.244056	-1.857959	-8.619919
50	DISEÑO	Combination	Max	12.093907	3.379421	0.913336
50	DISEÑO	Combination	Min	-8.203394	-2.164426	-8.620045
51	DISEÑO	Combination	Max	10.698683	2.995516	1.272569
51	DISEÑO	Combination	Min	-7.240807	-1.844131	-9.146096
52	DISEÑO	Combination	Max	12.09399	3.370641	1.272421
52	DISEÑO	Combination	Min	-8.202189	-2.152653	-9.14622
53	DISEÑO	Combination	Max	10.723309	2.996187	2.212171
53	DISEÑO	Combination	Min	-7.242353	-1.826367	-10.520946
54	DISEÑO	Combination	Max	12.107771	3.35658	2.212223
54	DISEÑO	Combination	Min	-8.207238	-2.12777	-10.520879
55	DISEÑO	Combination	Max	10.723857	2.988178	2.512132
55	DISEÑO	Combination	Min	-7.238253	-1.820442	-10.963315
56	DISEÑO	Combination	Max	12.104783	3.347206	2.512198
56	DISEÑO	Combination	Min	-8.2039	-2.119104	-10.96322
57	DISEÑO	Combination	Max	10.673731	2.922527	3.347909
57	DISEÑO	Combination	Min	-7.20271	-1.802719	-12.184335
58	DISEÑO	Combination	Max	12.049421	3.29403	3.347776
58	DISEÑO	Combination	Min	-8.16647	-2.085294	-12.184568
59	DISEÑO	Combination	Max	10.664461	2.905052	3.57084
59	DISEÑO	Combination	Min	-7.198028	-1.799323	-12.512196

60	DISEÑO	Combination	Max	12.040931	3.282349	3.570711
60	DISEÑO	Combination	Min	-8.161664	-2.078553	-12.512386
61	DISEÑO	Combination	Max	10.634569	2.871862	4.223933
61	DISEÑO	Combination	Min	-7.169361	-1.78669	-13.44926
62	DISEÑO	Combination	Max	12.007262	3.260788	4.223895
62	DISEÑO	Combination	Min	-8.134706	-2.059172	-13.449323
63	DISEÑO	Combination	Max	10.646998	2.875861	4.361163
63	DISEÑO	Combination	Min	-7.163943	-1.784195	-13.640448
64	DISEÑO	Combination	Max	12.01329	3.263526	4.361221
64	DISEÑO	Combination	Min	-8.133903	-2.057797	-13.64046
65	DISEÑO	Combination	Max	10.684563	2.883644	4.78919
65	DISEÑO	Combination	Min	-7.16825	-1.786194	-14.227042
66	DISEÑO	Combination	Max	12.047613	3.278919	4.789263
66	DISEÑO	Combination	Min	-8.146403	-2.060766	-14.22698
67	DISEÑO	Combination	Max	10.692681	2.882745	4.829658
67	DISEÑO	Combination	Min	-7.168145	-1.787118	-14.27664
68	DISEÑO	Combination	Max	12.05551	3.280728	4.82971
68	DISEÑO	Combination	Min	-8.149249	-2.061443	-14.276697
69	DISEÑO	Combination	Max	10.749733	2.887769	4.880397
69	DISEÑO	Combination	Min	-7.215424	-1.803253	-14.32451
70	DISEÑO	Combination	Max	12.121604	3.296958	4.880471
70	DISEÑO	Combination	Min	-8.198374	-2.074546	-14.324365
71	DISEÑO	Combination	Max	10.745791	2.883373	4.821798
71	DISEÑO	Combination	Min	-7.217866	-1.804439	-14.230482
72	DISEÑO	Combination	Max	12.120781	3.295842	4.821832
72	DISEÑO	Combination	Min	-8.199803	-2.074428	-14.230441
73	DISEÑO	Combination	Max	10.788461	2.883969	4.530886
73	DISEÑO	Combination	Min	-7.244168	-1.815135	-13.780255
74	DISEÑO	Combination	Max	12.163171	3.305212	4.530953
74	DISEÑO	Combination	Min	-8.225065	-2.081488	-13.780055
75	DISEÑO	Combination	Max	10.794208	2.879336	4.37834
75	DISEÑO	Combination	Min	-7.239456	-1.816647	-13.546048
76	DISEÑO	Combination	Max	12.164606	3.30404	4.378422
76	DISEÑO	Combination	Min	-8.220781	-2.081681	-13.545869
77	DISEÑO	Combination	Max	10.747497	2.847868	3.772759
77	DISEÑO	Combination	Min	-7.189839	-1.812498	-12.634373
78	DISEÑO	Combination	Max	12.102682	3.285743	3.772812
78	DISEÑO	Combination	Min	-8.166577	-2.074957	-12.634451
79	DISEÑO	Combination	Max	10.743463	2.845444	3.534573
79	DISEÑO	Combination	Min	-7.189394	-1.813761	-12.276891
80	DISEÑO	Combination	Max	12.099679	3.285559	3.534634
80	DISEÑO	Combination	Min	-8.163862	-2.075464	-12.276917
81	DISEÑO	Combination	Max	10.754861	2.850488	2.650802
81	DISEÑO	Combination	Min	-7.213042	-1.818964	-10.982026
82	DISEÑO	Combination	Max	12.125316	3.290428	2.650902

82	DISEÑO	Combination	Min	-8.18488	-2.077141	-10.981951
83	DISEÑO	Combination	Max	10.744664	2.853064	2.342058
83	DISEÑO	Combination	Min	-7.216426	-1.818206	-10.523117
84	DISEÑO	Combination	Max	12.123882	3.289807	2.342134
84	DISEÑO	Combination	Min	-8.185461	-2.075803	-10.523074
85	DISEÑO	Combination	Max	10.68152	2.822422	1.345857
85	DISEÑO	Combination	Min	-7.172488	-1.820237	-9.045492
86	DISEÑO	Combination	Max	12.072654	3.259994	1.345526
86	DISEÑO	Combination	Min	-8.146708	-2.061424	-9.045649
87	DISEÑO	Combination	Max	10.680076	2.817857	0.988644
87	DISEÑO	Combination	Min	-7.167596	-1.828417	-8.507407
88	DISEÑO	Combination	Max	12.071988	3.258025	0.988401
88	DISEÑO	Combination	Min	-8.143283	-2.063783	-8.507497
89	DISEÑO	Combination	Max	10.694763	2.828036	-0.072222
89	DISEÑO	Combination	Min	-7.17557	-1.869517	-6.93394
90	DISEÑO	Combination	Max	12.089938	3.273843	-0.072169
90	DISEÑO	Combination	Min	-8.152489	-2.083549	-6.933806
91	DISEÑO	Combination	Max	10.6846	2.842118	-0.45886
91	DISEÑO	Combination	Min	-7.171536	-1.881943	-6.355964
92	DISEÑO	Combination	Max	12.080657	3.28885	-0.458696
92	DISEÑO	Combination	Min	-8.146607	-2.093873	-6.355791
93	DISEÑO	Combination	Max	10.534166	2.864634	-1.518059
93	DISEÑO	Combination	Min	-7.080399	-1.898155	-4.790773
94	DISEÑO	Combination	Max	11.931179	3.310638	-1.518195
94	DISEÑO	Combination	Min	-8.047358	-2.109261	-4.79082
95	DISEÑO	Combination	Max	10.513331	2.884407	-1.908055
95	DISEÑO	Combination	Min	-7.07101	-1.903467	-4.217998
96	DISEÑO	Combination	Max	11.911506	3.325149	-1.908383
96	DISEÑO	Combination	Min	-8.03491	-2.118418	-4.218119

**j) ALTERNATIVA DE PANEL ELECTRÓNICO DE ALUMINIO
(CARGA = 4.7 TONELADAS)**

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS

Desplazamientos máximos en unión de Arcos y Anillo central.

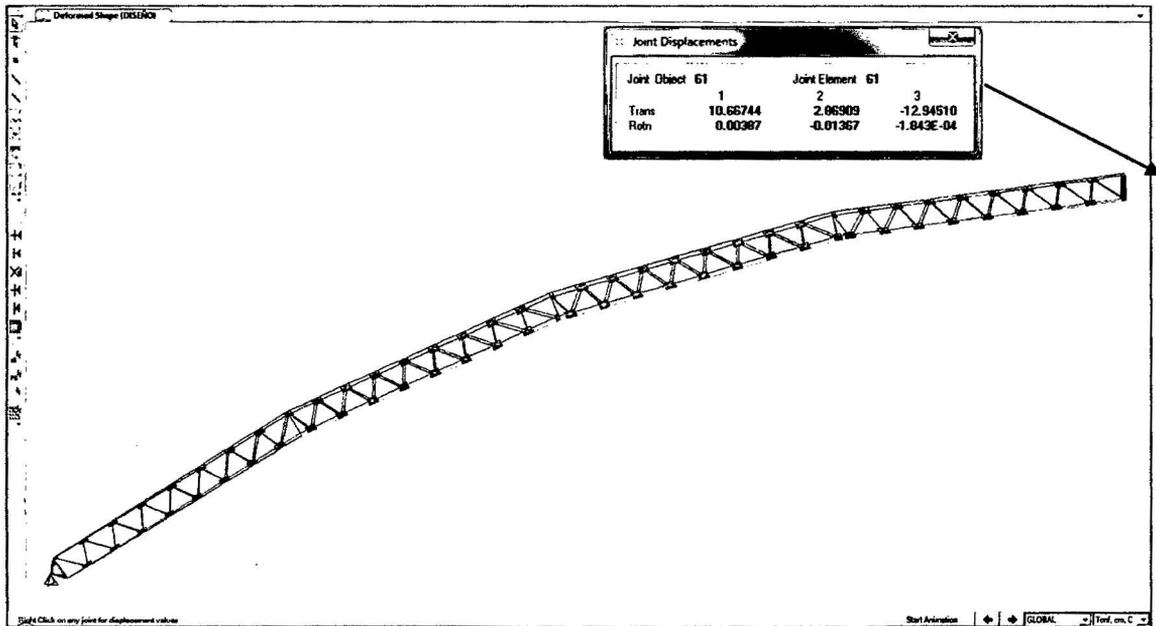


Fig. 16. Desplazamientos máximos en unión de Arcos y Anillo central.

En la dirección U1: **10.6674 cm**

En la dirección U2: **2.8691 cm**

En la dirección U3: **12.9451 cm**

TABLA 5: DESPLAZAMIENTOS

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	cm	cm	cm
1	DISEÑO	Combination	Max	10.691246	2.978044	-1.633748
1	DISEÑO	Combination	Min	-7.156035	-1.94861	-3.231581
2	DISEÑO	Combination	Max	10.688406	2.980035	-1.214464
2	DISEÑO	Combination	Min	-7.158918	-1.960543	-3.186536
3	DISEÑO	Combination	Max	12.095141	3.378933	-1.214428
3	DISEÑO	Combination	Min	-8.108166	-2.161697	-3.186516
4	DISEÑO	Combination	Max	12.098683	3.382473	-1.633688
4	DISEÑO	Combination	Min	-8.109238	-2.158002	-3.231386
5	DISEÑO	Combination	Max	10.709128	2.994825	-0.115041
5	DISEÑO	Combination	Min	-7.186153	-1.986995	-3.830054
6	DISEÑO	Combination	Max	12.114501	3.389687	-0.114944
6	DISEÑO	Combination	Min	-8.125597	-2.182992	-3.830045
7	DISEÑO	Combination	Max	10.710157	3.003698	0.237857

7	DISEÑO	Combination	Min	-7.191081	-1.994545	-4.138306
8	DISEÑO	Combination	Max	12.115837	3.400262	0.237963
8	DISEÑO	Combination	Min	-8.127964	-2.192621	-4.138293
9	DISEÑO	Combination	Max	10.686205	3.052159	1.381972
9	DISEÑO	Combination	Min	-7.176738	-2.007893	-4.984956
10	DISEÑO	Combination	Max	12.094154	3.460987	1.382143
10	DISEÑO	Combination	Min	-8.113347	-2.232341	-4.985128
11	DISEÑO	Combination	Max	10.701418	3.074551	1.708421
11	DISEÑO	Combination	Min	-7.185504	-2.015898	-5.214771
12	DISEÑO	Combination	Max	12.110662	3.486213	1.708637
12	DISEÑO	Combination	Min	-8.123518	-2.247905	-5.21505
13	DISEÑO	Combination	Max	10.822834	3.158725	2.650272
13	DISEÑO	Combination	Min	-7.270839	-2.058888	-5.866688
14	DISEÑO	Combination	Max	12.23022	3.572627	2.650233
14	DISEÑO	Combination	Min	-8.205562	-2.305629	-5.866686
15	DISEÑO	Combination	Max	10.833091	3.16831	2.842863
15	DISEÑO	Combination	Min	-7.287651	-2.068556	-6.002492
16	DISEÑO	Combination	Max	12.239136	3.581556	2.842847
16	DISEÑO	Combination	Min	-8.215423	-2.314121	-6.002512
17	DISEÑO	Combination	Max	10.830173	3.185932	3.44021
17	DISEÑO	Combination	Min	-7.301984	-2.082009	-6.412469
18	DISEÑO	Combination	Max	12.231498	3.597413	3.440259
18	DISEÑO	Combination	Min	-8.22017	-2.331633	-6.412468
19	DISEÑO	Combination	Max	10.82977	3.187615	3.490157
19	DISEÑO	Combination	Min	-7.306027	-2.081712	-6.451683
20	DISEÑO	Combination	Max	12.230852	3.599509	3.490176
20	DISEÑO	Combination	Min	-8.222051	-2.333618	-6.451639
21	DISEÑO	Combination	Max	10.79972	3.182893	3.539123
21	DISEÑO	Combination	Min	-7.281556	-2.0683	-6.497835
22	DISEÑO	Combination	Max	12.20847	3.599016	3.539125
22	DISEÑO	Combination	Min	-8.206326	-2.331995	-6.497935
23	DISEÑO	Combination	Max	10.78531	3.182601	3.444576
23	DISEÑO	Combination	Min	-7.268725	-2.064781	-6.43935
24	DISEÑO	Combination	Max	12.196255	3.599733	3.444627
24	DISEÑO	Combination	Min	-8.196426	-2.331957	-6.439463
25	DISEÑO	Combination	Max	10.712864	3.18403	2.995439
25	DISEÑO	Combination	Min	-7.227861	-2.057083	-6.147005
26	DISEÑO	Combination	Max	12.128165	3.602385	2.995354
26	DISEÑO	Combination	Min	-8.154858	-2.332818	-6.147081
27	DISEÑO	Combination	Max	10.687857	3.188664	2.762472
27	DISEÑO	Combination	Min	-7.218736	-2.056351	-5.992705
28	DISEÑO	Combination	Max	12.10172	3.608003	2.762396
28	DISEÑO	Combination	Min	-8.142307	-2.335594	-5.992757
29	DISEÑO	Combination	Max	10.613219	3.199265	1.850595
29	DISEÑO	Combination	Min	-7.182067	-2.050491	-5.386297

30	DISEÑO	Combination	Max	12.012569	3.626509	1.850658
30	DISEÑO	Combination	Min	-8.094399	-2.343018	-5.386497
31	DISEÑO	Combination	Max	10.613934	3.200544	1.490981
31	DISEÑO	Combination	Min	-7.180801	-2.049012	-5.14643
32	DISEÑO	Combination	Max	12.01103	3.62935	1.491043
32	DISEÑO	Combination	Min	-8.093726	-2.34439	-5.146583
33	DISEÑO	Combination	Max	10.635061	3.1759	0.263371
33	DISEÑO	Combination	Min	-7.184172	-2.03002	-4.272358
34	DISEÑO	Combination	Max	12.032322	3.605338	0.263502
34	DISEÑO	Combination	Min	-8.10282	-2.330941	-4.272413
35	DISEÑO	Combination	Max	10.655211	3.16382	-0.103362
35	DISEÑO	Combination	Min	-7.189275	-2.024233	-3.962073
36	DISEÑO	Combination	Max	12.055499	3.591101	-0.103212
36	DISEÑO	Combination	Min	-8.11559	-2.322945	-3.962056
37	DISEÑO	Combination	Max	10.603332	3.128589	-1.275356
37	DISEÑO	Combination	Min	-7.155264	-1.983278	-3.298656
38	DISEÑO	Combination	Max	12.014135	3.543207	-1.275285
38	DISEÑO	Combination	Min	-8.088736	-2.287832	-3.298893
39	DISEÑO	Combination	Max	10.604991	3.130027	-1.699862
39	DISEÑO	Combination	Min	-7.160046	-1.974757	-3.34585
40	DISEÑO	Combination	Max	12.017835	3.541968	-1.699791
40	DISEÑO	Combination	Min	-8.093628	-2.283619	-3.346046
41	DISEÑO	Combination	Max	10.653965	3.13806	-1.537903
41	DISEÑO	Combination	Min	-7.195113	-1.951815	-3.879622
42	DISEÑO	Combination	Max	12.071384	3.542189	-1.537963
42	DISEÑO	Combination	Min	-8.133118	-2.272507	-3.879696
43	DISEÑO	Combination	Max	10.663489	3.122612	-1.145834
43	DISEÑO	Combination	Min	-7.198885	-1.939739	-4.458159
44	DISEÑO	Combination	Max	12.080298	3.526711	-1.145954
44	DISEÑO	Combination	Min	-8.139355	-2.260561	-4.458281
45	DISEÑO	Combination	Max	10.712491	3.055844	-0.087255
45	DISEÑO	Combination	Min	-7.220209	-1.905578	-6.031486
46	DISEÑO	Combination	Max	12.12753	3.46632	-0.087401
46	DISEÑO	Combination	Min	-8.169357	-2.222377	-6.031422
47	DISEÑO	Combination	Max	10.719574	3.02845	0.302097
47	DISEÑO	Combination	Min	-7.220634	-1.894316	-6.608284
48	DISEÑO	Combination	Max	12.132984	3.438407	0.301929
48	DISEÑO	Combination	Min	-8.172502	-2.204604	-6.608246
49	DISEÑO	Combination	Max	10.731777	2.990879	1.310904
49	DISEÑO	Combination	Min	-7.218968	-1.862294	-8.099447
50	DISEÑO	Combination	Max	12.136979	3.382843	1.310792
50	DISEÑO	Combination	Min	-8.174151	-2.161815	-8.09954
51	DISEÑO	Combination	Max	10.734919	2.988376	1.668818
51	DISEÑO	Combination	Min	-7.216193	-1.849563	-8.627473
52	DISEÑO	Combination	Max	12.136954	3.373648	1.668694

52	DISEÑO	Combination	Min	-8.173027	-2.15035	-8.627564
53	DISEÑO	Combination	Max	10.757981	2.9874	2.605696
53	DISEÑO	Combination	Min	-7.218941	-1.833052	-10.006673
54	DISEÑO	Combination	Max	12.15041	3.358222	2.60574
54	DISEÑO	Combination	Min	-8.178318	-2.126485	-10.006616
55	DISEÑO	Combination	Max	10.758073	2.979491	2.905203
55	DISEÑO	Combination	Min	-7.21519	-1.827049	-10.449903
56	DISEÑO	Combination	Max	12.147266	3.34846	2.905255
56	DISEÑO	Combination	Min	-8.175093	-2.118106	-10.449825
57	DISEÑO	Combination	Max	10.707729	2.917318	3.739099
57	DISEÑO	Combination	Min	-7.179796	-1.806663	-11.674102
58	DISEÑO	Combination	Max	12.091553	3.29425	3.739005
58	DISEÑO	Combination	Min	-8.137902	-2.08506	-11.674282
59	DISEÑO	Combination	Max	10.6986	2.900886	3.961682
59	DISEÑO	Combination	Min	-7.175002	-1.802467	-12.002643
60	DISEÑO	Combination	Max	12.083056	3.28239	3.96161
60	DISEÑO	Combination	Min	-8.133097	-2.07845	-12.002758
61	DISEÑO	Combination	Max	10.667443	2.869088	4.61116
61	DISEÑO	Combination	Min	-7.147284	-1.788766	-12.945103
62	DISEÑO	Combination	Max	12.049085	3.259917	4.611164
62	DISEÑO	Combination	Min	-8.106349	-2.059752	-12.94511
63	DISEÑO	Combination	Max	10.678091	2.872476	4.746872
64	DISEÑO	Combination	Max	12.055053	3.262499	4.746925
65	DISEÑO	Combination	Max	10.71298	2.879874	5.169203
66	DISEÑO	Combination	Max	12.089475	3.277733	5.169263
67	DISEÑO	Combination	Max	10.720468	2.879182	5.208586
68	DISEÑO	Combination	Max	12.097509	3.279602	5.208636
69	DISEÑO	Combination	Max	10.779261	2.88584	5.256761
70	DISEÑO	Combination	Max	12.16506	3.296297	5.25682
71	DISEÑO	Combination	Max	10.776157	2.881931	5.197917
72	DISEÑO	Combination	Max	12.164448	3.295261	5.197946
73	DISEÑO	Combination	Max	10.819097	2.883688	4.907427
74	DISEÑO	Combination	Max	12.20702	3.304807	4.907479
75	DISEÑO	Combination	Max	10.823854	2.879566	4.75535
76	DISEÑO	Combination	Max	12.208113	3.303725	4.755414
77	DISEÑO	Combination	Max	10.774995	2.849869	4.152845
77	DISEÑO	Combination	Min	-7.171822	-1.810884	-12.140474
78	DISEÑO	Combination	Max	12.144403	3.28595	4.152896
78	DISEÑO	Combination	Min	-8.138261	-2.074741	-12.140553
79	DISEÑO	Combination	Max	10.77145	2.847717	3.915917
79	DISEÑO	Combination	Min	-7.171001	-1.811939	-11.781213
80	DISEÑO	Combination	Max	12.14115	3.285862	3.915973
80	DISEÑO	Combination	Min	-8.13573	-2.07518	-11.781245
81	DISEÑO	Combination	Max	10.785706	2.852571	3.038322
81	DISEÑO	Combination	Min	-7.192465	-1.817295	-10.477685

82	DISEÑO	Combination	Max	12.166772	3.290759	3.038404
82	DISEÑO	Combination	Min	-8.156755	-2.076852	-10.477634
83	DISEÑO	Combination	Max	10.777107	2.854688	2.731208
83	DISEÑO	Combination	Min	-7.194625	-1.816891	-10.016443
84	DISEÑO	Combination	Max	12.165256	3.290073	2.731301
84	DISEÑO	Combination	Min	-8.157394	-2.075568	-10.016378
85	DISEÑO	Combination	Max	10.714258	2.826295	1.73856
85	DISEÑO	Combination	Min	-7.150428	-1.81722	-8.533503
86	DISEÑO	Combination	Max	12.113595	3.259824	1.738312
86	DISEÑO	Combination	Min	-8.118943	-2.061527	-8.533551
87	DISEÑO	Combination	Max	10.712517	2.822974	1.381753
87	DISEÑO	Combination	Min	-7.14576	-1.824453	-7.994662
88	DISEÑO	Combination	Max	12.112818	3.257833	1.381554
88	DISEÑO	Combination	Min	-8.115601	-2.063905	-7.994693
89	DISEÑO	Combination	Max	10.727054	2.83747	0.322883
89	DISEÑO	Combination	Min	-7.15385	-1.862279	-6.417865
90	DISEÑO	Combination	Max	12.130781	3.273454	0.322922
90	DISEÑO	Combination	Min	-8.12481	-2.083823	-6.417748
91	DISEÑO	Combination	Max	10.71718	2.852019	-0.063251
91	DISEÑO	Combination	Min	-7.149592	-1.874356	-5.838963
92	DISEÑO	Combination	Max	12.121528	3.288411	-0.063111
92	DISEÑO	Combination	Min	-8.118907	-2.094186	-5.838821
93	DISEÑO	Combination	Max	10.567521	2.874902	-1.119845
93	DISEÑO	Combination	Min	-7.057802	-1.89031	-4.269578
94	DISEÑO	Combination	Max	11.971721	3.310829	-1.119969
94	DISEÑO	Combination	Min	-8.019862	-2.109097	-4.269606
95	DISEÑO	Combination	Max	10.547169	2.893646	-1.508549
95	DISEÑO	Combination	Min	-7.048036	-1.896414	-3.694808
96	DISEÑO	Combination	Max	11.952085	3.325355	-1.508843
96	DISEÑO	Combination	Min	-8.007382	-2.118245	-3.694884

k) . Conclusiones

Al final de la evaluación del presente proyecto, llegamos a las siguientes conclusiones:

- El modelo de la estructura ha sido dibujado en AutoCad considerando datos recogidos en campo de como la estructura está construida actualmente (Ver Anexo I).
- La Norma Colombiana NSR-10 Cap.G. 8 ARMADUAS, en la Pág. 1852 se especifica: Cuando no sea posible satisfacer los requisitos de deflexiones admisibles podrán construirse las armaduras usando contraflecha. Esta no será menor de 1/300 de la luz

total. En la referencia: Space Structures - Principles and Practice- Subramanian Narayan - Volulmul 1, 2006. En la página 42, indica que como regla, la deflexión vertical debe estar limitada entre $L/300$ y $L/400$. Se considera $L/400$ por ser la más crítica. En este caso tenemos 8400cm; es decir se tiene una deflexión admisible de $D = 8400/400 = 21\text{cm} > D = 14.3316\text{cm}$.

- Lo ejecutado en obra se encuentra de acuerdo con lo indicado en los planos del expediente técnico; sin embargo, es conveniente revisar y probar la calidad de la soldadura (mordidas, socavamiento por exceso de amperaje variables).
- Los arriostres están traslapados y las fuerzas que actúan no son colineales dando origen en primer lugar a que no se tensen adecuadamente y segundo se generen giros en los puntos de traslape y, por tanto no cumplen, con ninguna función estructural.

Vigas desalineadas sobre las armaduras principales

Los templadores no están alineados.

Existen vicios escondidos en elementos o partes soldadas en las uniones de los encastres de los anillos.

I) Recomendaciones

Al final se dan las siguientes recomendaciones que se detallan a continuación:

- En las llegadas de las armaduras principales (encastre) con el anillo central verificar: armado de las diagonales, cartelas, soldadura, etc.
- Hacer la prueba de la calidad de soldadura con los tintes penetrantes.
- Reforzar las uniones que resulten incompletas, mal soldadas o armadas.
- Reforzar las bridas usando ensayos no destructivos (tintes penetrantes) de todos los arcos principales, que son en un número de 24.
- Mejorar los arriostres utilizando el método del entubado con la finalidad de alinear las tensiones permitiendo un tensado adecuado y seguro cumpliendo con su función estructural de controlar la estabilidad de las armaduras principales.
- Alinear templadores, que permitan alinear vigas y permanecer las secciones verticales para que reciban las cargas de la cobertura.
- Alinear vigas sobre las armaduras principales.
- Aumentar el hilo UNC $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ " y $\frac{3}{4}$ " de los tensores para poder alinear correas y Arcos.

ANEXO II. PANEL FOTOGRÁFICO.

- a) Alineamiento de la cartelas y uniformización de trabajos de soldadura en los anclajes de las vigas tipo c, ubicadas sobre los arcos principales.



Foto1. Se observa la mala distribución de esfuerzo de las vigas tipo c sobre la cartela y cordones de soldadura con presencia de oxidación y discontinuidad.



Foto2. Se observa el corte del cartel con maquina oxicorte

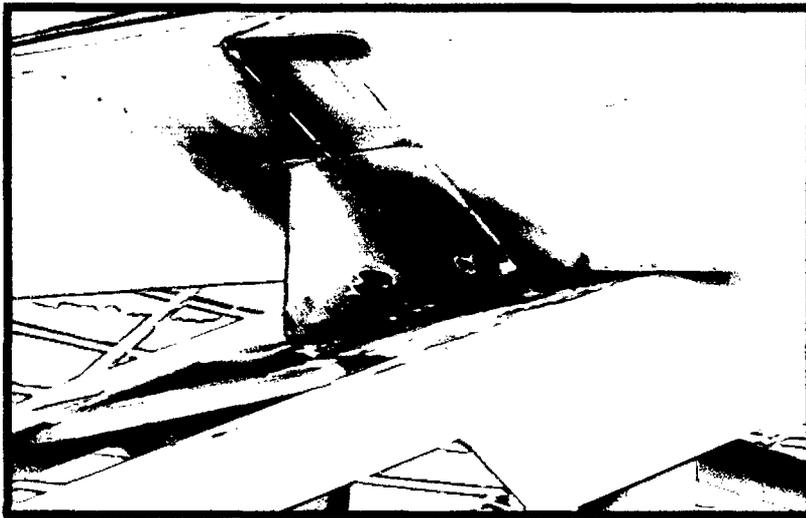


Foto3. Se observa el alineamiento de la cartela con la viga c para una buena distribución de esfuerzos.

b) Reparación e Instalación De Arriostres.

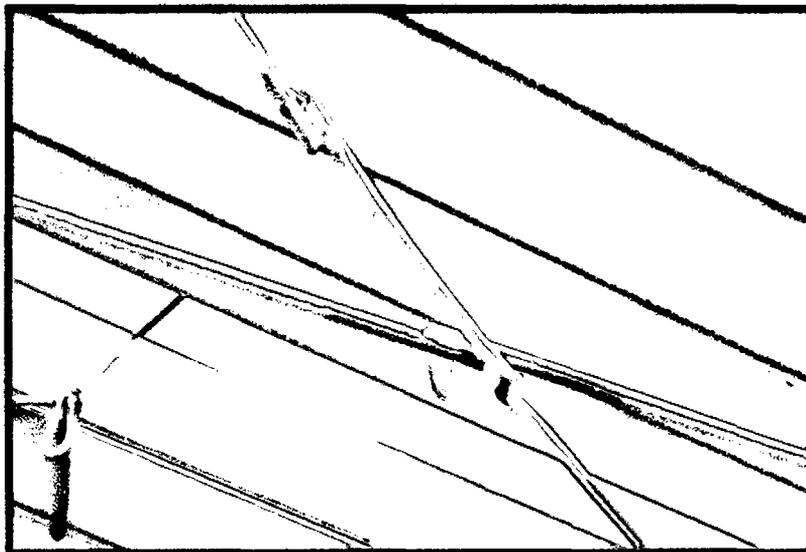


Foto1. Se observa los arriostres que están instalados se corregirá las pegas ya que están traslapadas lateralmente y de manera defectuosa.



Foto2. Se observa el soldado de la punta de lápiz de los tensores.

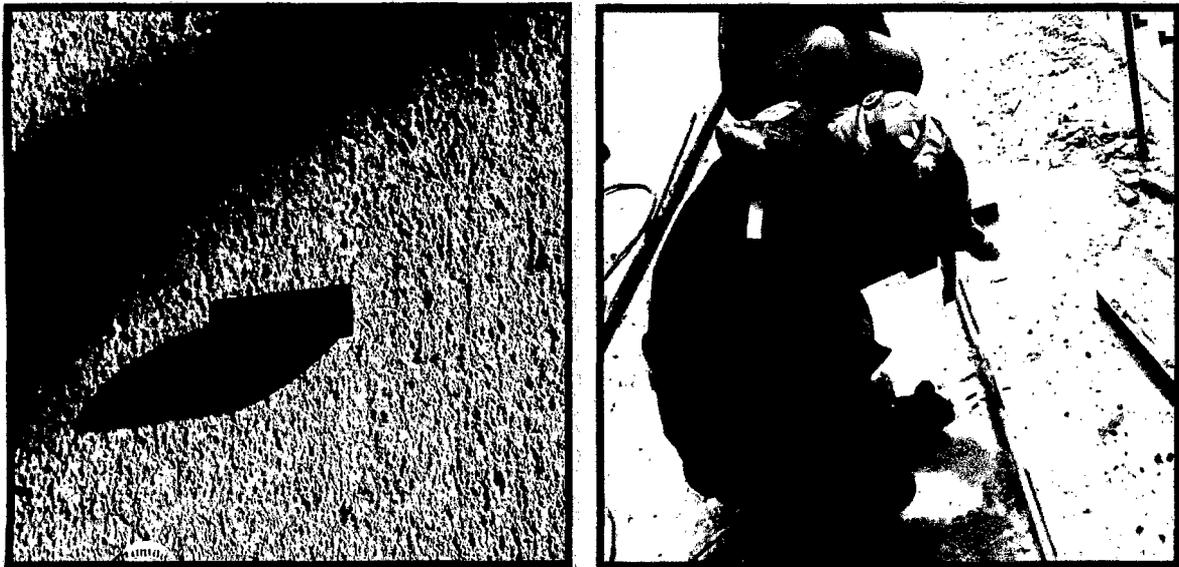


Foto3. Posteriormente se está realizando una soldadura en los extremos de la capsula con tubo A 325 de $\text{Ø} = \frac{3}{4}$ " con tolerancia de ingreso y con un espesor de $\frac{1}{8}$ "

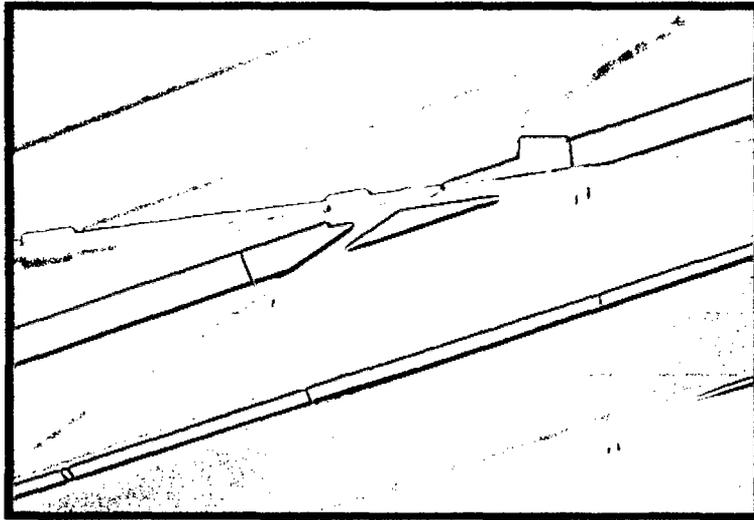


Foto4. Se observa los arriostres corregidos con su respectivo encapsamiento

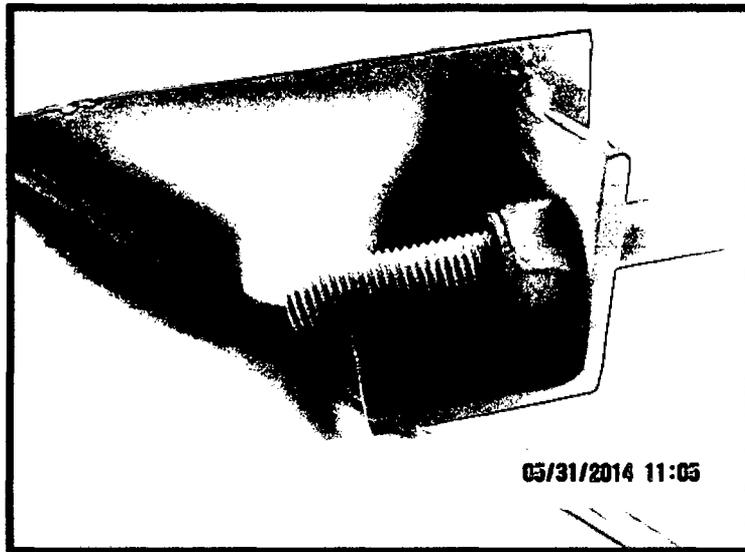


Foto5. Se observa la tuerca sin arandela de presión ni contra tuerca lo que facilitara que se afloje más fácilmente.

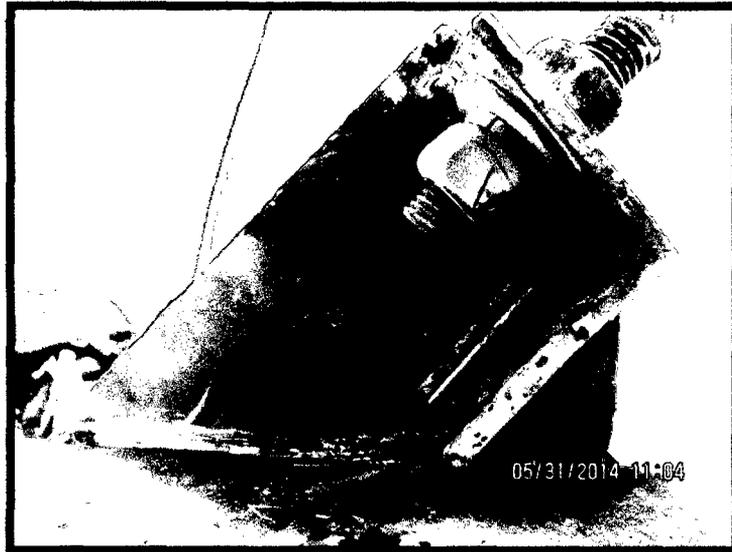


Foto6. Se observa la unión con arandela de presión, turca y contra tuerca para evitar el fácil aflojamiento.

c) Reparación e instalación de templadores.



Foto1. Se observa templadores con longitud de rosca muy pequeñas lo que no permite tensar adecuadamente.

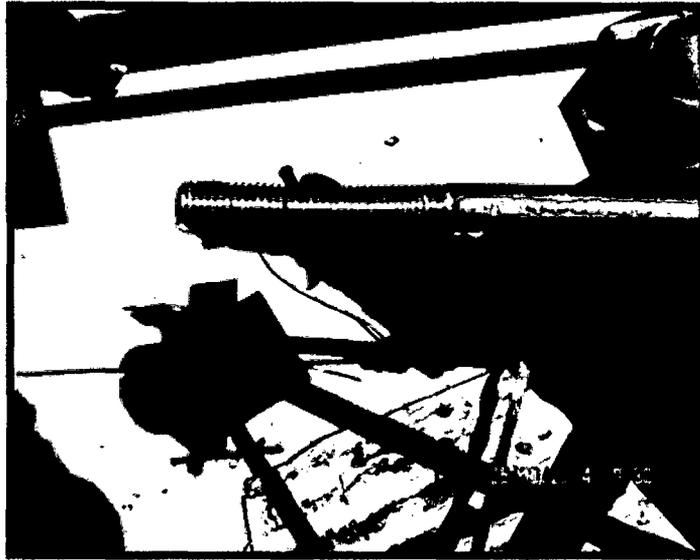


Foto2. Se amplió el hilo en cada extremo de los arriostres y templadores con terrajas UNC – 3/4" y UNC – 5/8", de tal manera que tengamos más longitud para tensar adecuadamente dichos elementos.



Foto3. Se observa el templador con tuerca y contra tuerca y arandelas respectivas para su correcto montaje.

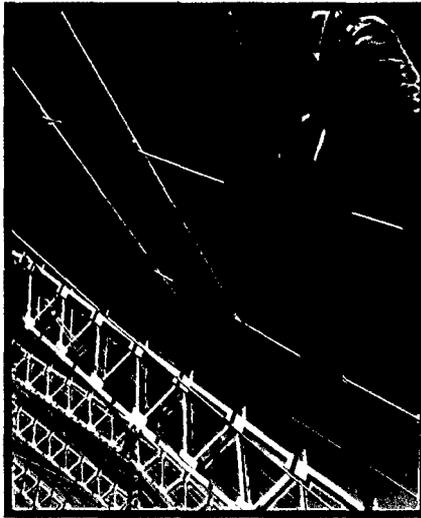


Foto4. Se observa dando el torque adecuado a las tuercas de los templadores.

- d) **Uniformizar el alineamiento horizontal y vertical de las vigas en c que soportan la cobertura.**

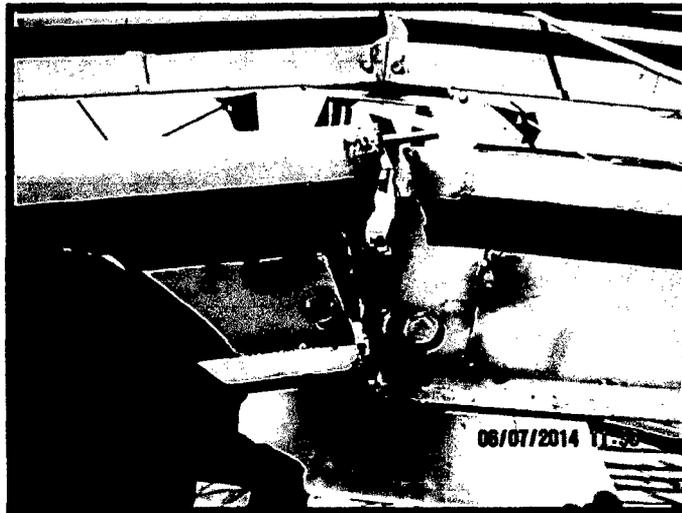


Foto1. Se observa el desnivel vertical de las vigas c lo que perjudicaría la colocación del Tr4.

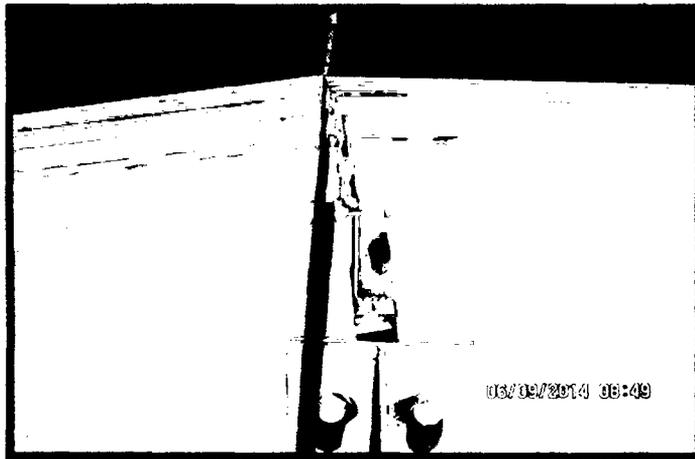


Foto 2. Se observa las vigas c niveladas horizontal y verticalmente.

e) Verificación y mantenimiento de pernos y tuercas libre de corrosión.



Foto1. Se observa tuercas y pernos con presencia de corrosión.

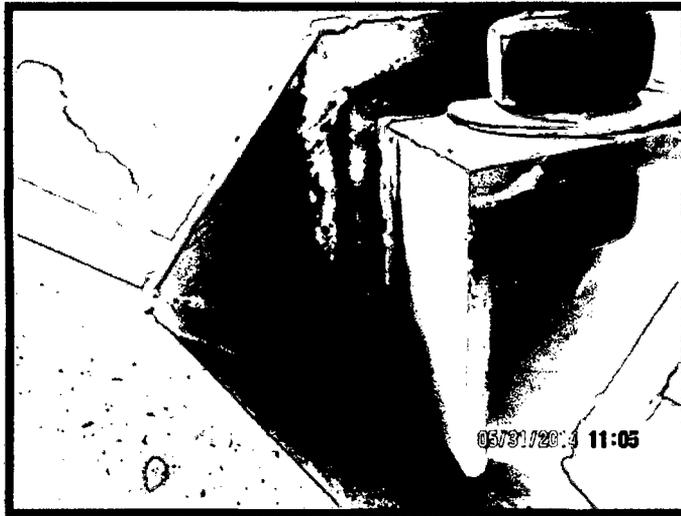


Foto2.Se observa tuercas, contra tuerca y anillos libre de corrosión.

f) Corregir La Separación Entre Extremos De Las Vigas En C

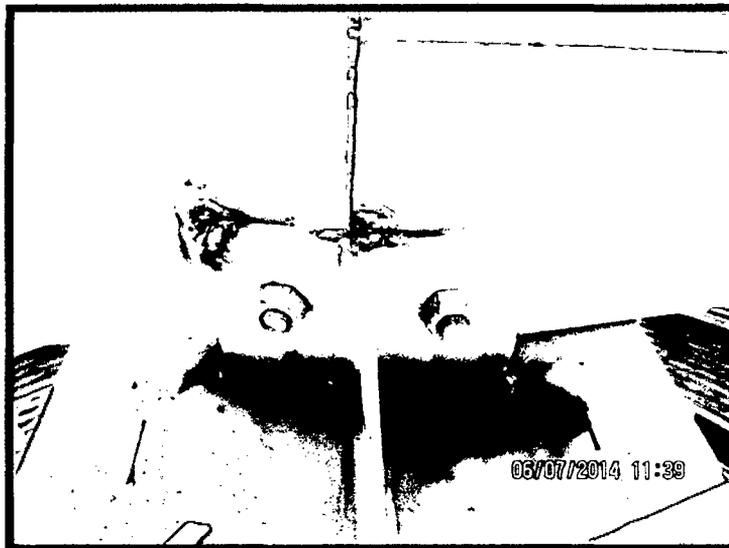


Foto1.Se observa el espacio de las vigas c menor a un 1cm.

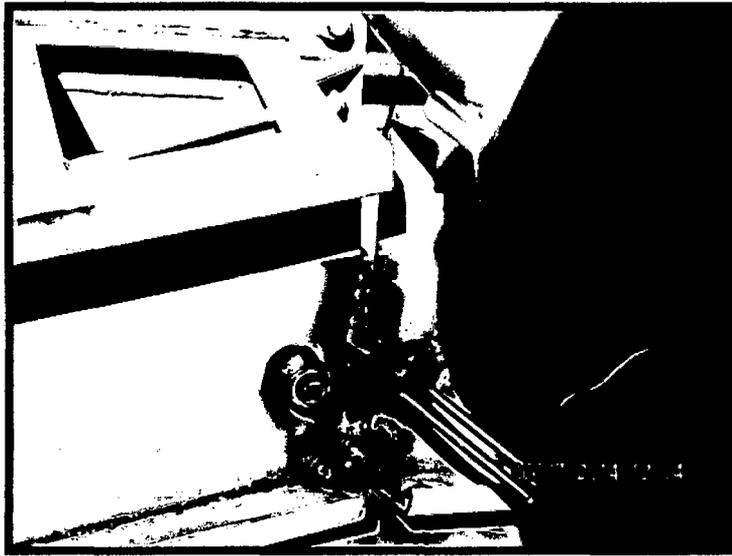


Foto 2. Se observa el corte con maquina oxicorte a las vigas c para darle la distancia adecuada de 1cm.



Foto 3. Se observa la separación mayor de 1cm entre las vigas c.



Foto 4. Se observa la colocación de una plancha para reforzar y reducir el espaciamiento entre vigas c.



Foto 5. Se observa las vigas c con el espaciamiento adecuado.

g) Realizar El Pintado De Estructura (Repintado)

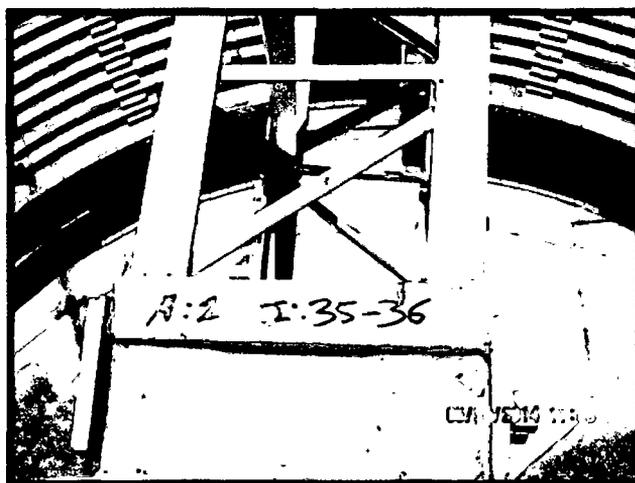


Foto1.Se observa la presencia de oxidación en la estructura.

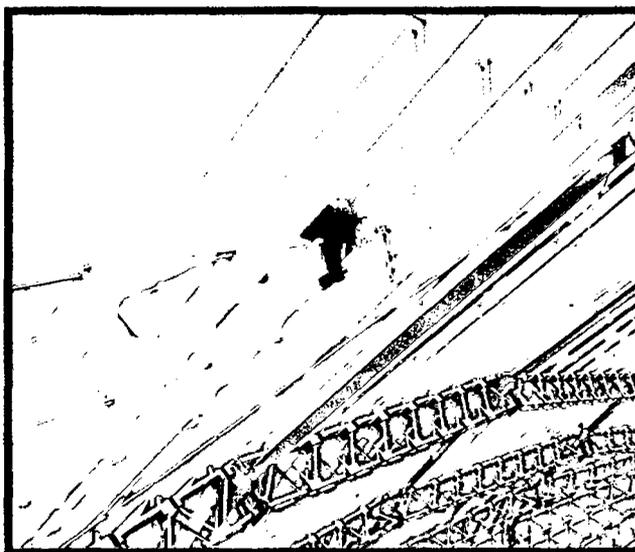


Foto2.Se observa la pintura de acabado de la estructura.

h) Uniformizar Los Orificios De Los 24 Apoyos De Rotula



Foto1. Se observa la presencia de ojos chinos en los apoyos de las rotulas.

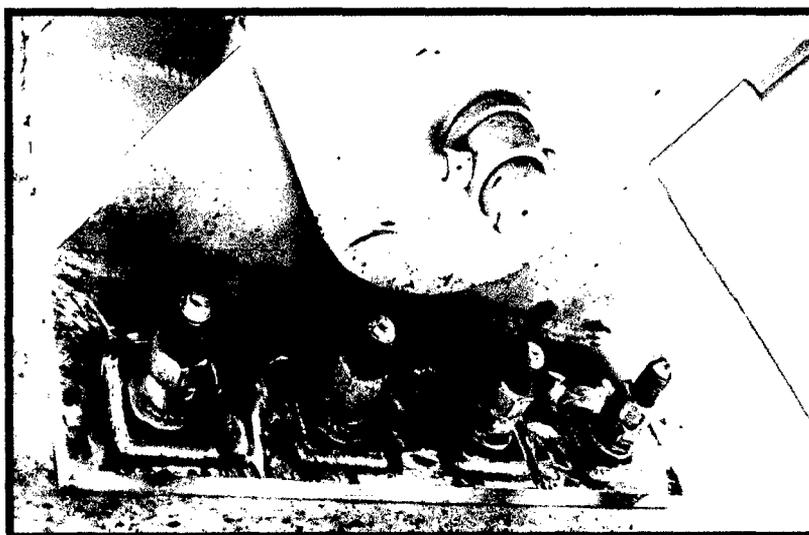


Foto2. Se observa la colocación de la plancha de 7x7 cm con su respectiva soldadura para solucionar la falla de los ojos chinos.

i) Uniformizar soldadura, en la unión de los 24 arcos con el anillo central.

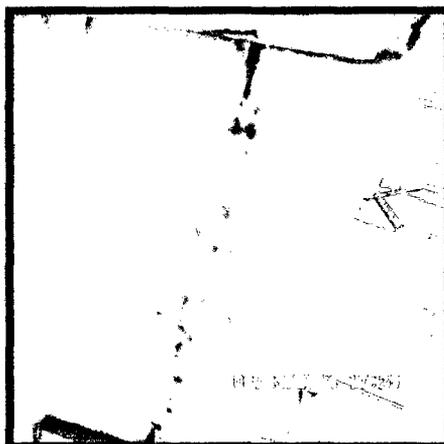
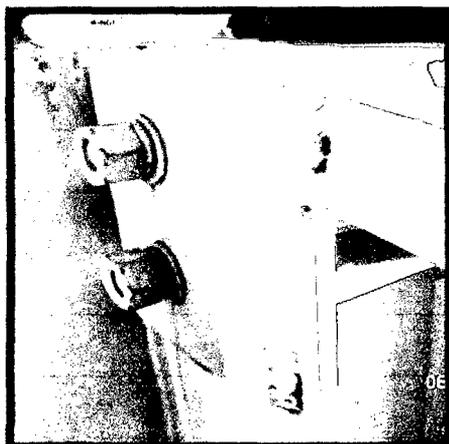


Foto1. Se observa el ensayo de tintes penetrantes demuestra las discontinuidades en la soldadura.

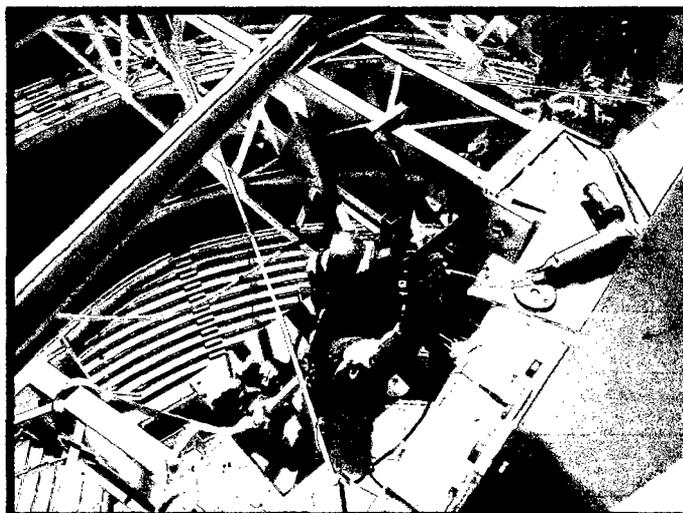


Foto2. Se observa al soldador 6G realizando la rectificación de la soldadura.

ANEXO-3.

Plano: Mapa de fallas.