

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



“Desarrollo de procedimientos para la revisión
de soportes por nuevas cargas en la Planta
Nucleoeléctrica Laguna Verde”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A:

FERNANDO NIETO CASTILLA

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVILANCA

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-270

Señor FERNANDO NIETO CASTILLA,
P r e s e n t e .

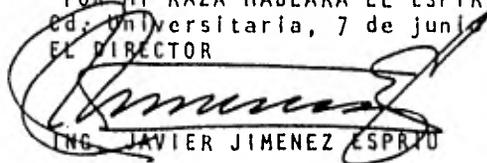
En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing. José Luis Camba Castañeda, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA REVISION DE
SOPORTES POR NUEVAS CARGAS EN LA PLANTA NUCLEO—
ELECTRICA LAGUNA VERDE"

- I. Antecedentes.
- II. Descripción del sistema de soportes.
- III. Procesamiento de información y análisis estructural.
- IV. Revisión del diseño.
- V. Entrega de información y conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ed. Universitaria, 7 de junio de 1982
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPINO


JJE/OBLH/ser

INDICE

INTRODUCCION	1
I. ANTECEDENTES.	3
a. Descripción del problema.	4
b. Programa de resolución.	6
b.1. Programa de Plantas líderes.	7
b.2. Programa de término completo.	7
b.3. Reporte de evaluación de diseño.	8
b.4. Modificaciones a las Plantas Mark II	9
b.4.1. Descripción del "LOCA"	9
b.4.2. Descripción del fenómeno hidro- dinámico "SRV".	13
c. Evaluación de las cargas nuevas.	14
c.1. Cargas principales.	15
c.2. Cargas secundarias.	16
II. SISTEMA DE SOPORTES.	18
a. Conceptos generales.	18
b. Características.	18
c. Clasificación.	21
III. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL	26
a. Recepción y manejo de la información.	30
b. Determinación de cargas de evaluación.	31
c. Análisis estructural.	32
c.1. Soportes con estructura isostática.	32
c.1.1. Armadura de dos barras.	32
c.1.2. Viga en cantilver.	40

c.2. Soportes con estructura hiperes- tatica.	42
c.2.1. Descripción del programa SAP IV	43
IV. REVISION DEL DISEÑO	44
a. Elementos estructurales.	44
a.1. Esfuerzos actuantes.	46
a.1.1. Esfuerzo axial.	46
a.1.2. Esfuerzo de flexión.	46
a.1.3. Esfuerzo cortante.	46
a.2. Esfuerzos permisibles.	50
a.2.1. Esfuerzo axial de compresión.	50
a.2.2. Esfuerzo de flexión.	51
a.2.3. Esfuerzo cortante.	53
a.2.4. Esfuerzos combinados.	53
a.3. Revisión de anclas.	54
a.3.1. Alcance y consideraciones del método.	54
a.3.2. Modelos matemáticos.	55
a.4. Placas base.	58
b. Revisión de Soldaduras.	59
b.1. Alcance.	60
Fórmulas y modelos matemáticos.	60
c. Piezas de catálogo.	63
d. Rigidez y frecuencia natural.	64
d.1. Cálculo de rigideces.	64
d.2. Cálculo de frecuencia natural.	65
V. ENTREGA DE INFORMACION Y CONCLUSIONES.	70
a. Descarga sobre la estructura principal.	71
b. Reporte final de la evaluación del so- porte.	71

b.1. Adecuación del soporte por nuevas cargas.	71
b.2. Frecuencia natural de vibración.	72
b.3. Descargas en estructura principal.	72
b.4. Comentarios.	72
REFERENCIAS.	74

ANEXOS:

ANEXO A Hoja de portada.	77
ANEXO B Índice.	78
ANEXO C Lista de verificación.	79
ANEXO D Cargas de evaluación.	80
ANEXO E Análisis de armadura.	81
ANEXO F Análisis de viga en cantilver.	82
ANEXO G Partes de catálogo.	83
ANEXO H Propiedades de sección y acept.	84
ANEXO I Análisis de soldaduras.	86
ANEXO J Revisión de anclas y placas base.	87
ANEXO K Rigidez y frecuencia natural.	89
ANEXO L Descargas en estructura principal.	90
ANEXO M Conclusiones y recomendaciones.	91
ANEXO 1 Obtención de propiedades geométricas.	92
ANEXO 2 Muestra de inf. sobre piezas de cat.	101
ANEXO 3 Ejemplo de soporte isostático.	124
ANEXO 4 Soporte hiperestático, análisis manual.	141
ANEXO 5 Soporte hiperestático analizado por computadora.	165

I N T R O D U C C I O N .

Actualmente se construye en México la primera planta nuclear para generación de energía eléctrica del país, la PLANTA NUCLEO-ELECTRICA LAGUNA VERDE.

El proyecto, diseño y construcción de plantas nucleares, está regido por leyes y normas que a ese respecto haya emitido el país de origen de la tecnología con que se haya construido el reactor con el que cuenta dicha planta.

Para el caso de la PLANTA NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE, tanto en la Unidad 1 como en la 2 el tipo de reactor seleccionado es de manufactura norteamericana; específicamente es un reactor General Electric BWR ("Boiling Water Reactor"), con contenedor tipo Mark II. Debido a esto, las normas utilizadas en la ingeniería de la planta, son las Guías Reguladoras de la NRC (Nuclear Regulatory Commission) y la Institución en México encargada de vigilar la aplicación de estas normas es la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

Como se tratará ampliamente en el Capítulo 1 de esta tesis, en pruebas instrumentadas y procesadas mediante equipos avanzados para el contenedor de tipo Mark III, se reveló que existían una serie de fenómenos hidrodinámicos para ciertas condiciones de operación de la planta que no habían sido detectados anteriormente al realizar esas mismas pruebas para el contenedor Mark II, debido a que se contaba con equipos de instrumentación y procesamiento menos avanzados.

Al implantar estas pruebas para el contenedor Mark II con los nuevos equipos, se encontró que los efectos hidrodinámicos que no se habían tomado en cuenta se traducían en una serie de cargas nuevas que prácticamente invalidaban el proyecto original de las estructuras y soportes de la planta.

Habiéndose confirmado lo anterior, la NRC dió la orden para que cada planta en operación o en construcción con contenedores Mark II, efectuara una revisión total del diseño y que se documentara en un estudio llamado "Final Safety Analysis Report" (FSAR); para ser aprobada por la NRC, aprobación sin la cual, la planta en cuestión no podría entrar en operación.

Lo que esto significó para todas las plantas afectadas fue un volumen gigantesco de estudios de ingeniería por realizar, especi-

ficamente la revisión de la estructura de los diferentes edificios y de mas de 4 000 soportes de tubería, ductos, charolas de cables y equipos.

Para la PLANTA NUCLEOELÉCTRICA DE LAGUNA VERDE, efectuar estas revisiones con las compañías americanas que habfan desarrollado el proyecto original constituía un costo elevadísimo en tiempo y en dinero. Esto hizo que se buscaran soluciones alternativas que pudieran hacer mas económicas las revisiones necesarias.

Debido a que los modelos de las estructuras principales de los edificios, así como la estructura del contenedor primario, secundario y cimentaciones se tenían cargados en programas de computadora norteamericanos de las compañías elaboradoras del proyecto original, se decidió que la solución mas económica era que estas mismas compañías efectuaran las revisiones de las estructuras mencionadas. Sin embargo la parte mas laboriosa, aunque mas sencilla que era la revisión de los sistemas de soportaría, era mas factible de realizar a un menor costo y en un tiempo mas corto.

De esta forma surgió la idea de realizar la revisión de soportes de tubería mediante ingenieros no tan altamente calificados, auxiliados de formatos que les permitieran seguir un orden lógico, reducir el número de errores y permitir una rápida y eficaz revisión.

Con la ayuda de estos formatos, y con la participación de un equipo de 80 jóvenes ingenieros, esta actividad crítica en el desarrollo del proyecto es llevada a cabo con gran eficacia en nuestro país, a un costo menor que la mitad de lo presupuestado con la compañía americana de ingeniería que realizó el diseño original.

Los trabajos presentados en esta tesis fueron desarrollados a través de conceptos clásicos de ingeniería estructural, constituyendo registros de calidad verificados y aprobados por técnicos altamente calificados.

Con el desarrollo y la elaboración de estos procedimientos de revisión de soportes, se pretende aportar una pequeña colaboración en el poco explotado campo de la sistematización en el diseño estructural, permitiendo un rápido acceso de ingenieros jóvenes de actividades de desarrollo técnico-profesional.

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

Existen actualmente 11 instalaciones Nucleares tipo BWR con contenedor Mark II en varios estados de avance de construcción, tan solo en los Estados Unidos, un número igual existen fuera de la Unión Americana estando entre ellas la PLANTA NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE.

Ninguna de las plantas se encuentra actualmente en operación, y aquellas que estan en etapa de construcción, no han podido continuar los trabajos en lo que es la estructura del contenedor primario Mark II.

El contenedor primario en una planta Nuclear, es aquella estructura que, como su nombre lo indica contiene directamente el reactor o basija, que es donde se llevan a cabo los procesos de fisión atómica, proceso del cual se genera una gran energía calorífica, la cual es aprovechada para generar vapor a gran presión para ser utilizada posteriormente en el funcionamiento de turbinas que a su vez mueven los generadores de energía eléctrica.

El diseño original del contenedor del Mark II, consideraba únicamente, las cargas accidentales tradicionales, entre ellas se incluían cargas de presión y de temperatura asociadas con un Accidente de pérdida de Refrigerante - LOCA - (Loss of Coolant Accident), cargas sísmicas, carga muerta, impacto de jet, cargas hidrostáticas debidas a filtraciones en la cámara de supresión, sobre carga en las pruebas de presión y cargas de construcción.

Sin embargo, desde el establecimiento de las bases de diseño, se han identificado condiciones adicionales de carga que deben ser consideradas en el diseño de presión y supresión del sistema del contenedor.

Durante la ejecución de extensas pruebas para un avanzado diseño del efecto presión - subpresión para un nuevo contenedor - (Mark III), así como durante pruebas de plantas ya en operación de plantas que utilizaban el contenedor Mark I, se determinaron nuevas cargas hidrodinámicas, que se originaban en la alberca de subpresión, las cuales no habían sido incluidas en el diseño del Mark II.

El efecto presión-supresión consiste básicamente en lo siguiente:

El vapor generado en el reactor después de ser utilizado, sigue conservando una carga de presión así como una temperatura muy alta, el proceso del vapor dentro de la planta prevé el retorno del vapor a una cámara donde se disipa la energía que aún conserva abatiendo su presión y su temperatura.

En el sistema del contenedor Mark II esta cámara se resolvió mediante una alberca en la parte más baja del cuerpo del contenedor, a la cual descargaban directamente varias líneas de vapor, - mediante tuberías llamadas Down Comers, o líneas de desahogo.

Las cargas que se originan en esta alberca es a lo que se llama efecto presión-supresión.

En la cámara superior a la alberca de subpresión se encuentran las líneas principales de vapor y de recirculación, una rotura de estas líneas puede provocar, un LOCA si es línea de vapor o la sobrepresurización del reactor por falta de refrigerante con su consecuente descarga de SRV (Válvulas de seguridad de alivio), si es una rotura en una línea de recirculación.

Los efectos de cargas adicionales detectados en las pruebas - eran el resultado de efectos dinámicos provocados por una introducción forzada en forma rápida de vapor mezclado con aire seco - dentro de la cámara de supresión durante un LOCA, así como la respuesta de la alberca de supresión a la operación de la válvula de alivio (SRV), la cual está generalmente asociada con las condiciones de operación transitorias de la planta.

Como estos efectos no fueron tomados en cuenta en el diseño - del contenedor del Mark II, la NRC (Nuclear Regulations Commission) determinó que era necesario efectuar una reevaluación detallada - del contenedor del sistema Mark II.

a) DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

El diseño del contenedor Mark II está basado en la tecnología

experimental obtenida en la ejecución de pruebas sobre el efecto presión-supresión en la planta de la Bahía de Humbolt, así como en la planta de Bahía de Bodega.

El propósito de estas pruebas, efectuadas entre 1958 y 1962, era demostrar la variabilidad del efecto presión supresión dentro del contenedor del reactor. Las pruebas fueron diseñadas para simular un LOCA para varios casos de rotura de tubería equivalentes — aproximadamente a dos veces la sección de diseño con la que se calculó originalmente el LOCA del diseño.

Estas pruebas fueron instrumentadas para poder tener información cuantitativa, para establecer presiones de diseño para contenedores. Estas fueron las bases experimentales primarias que se aprobaron por el Staff de diseño del Mark II.

Durante la extensa escala de pruebas que se realizaron para el sistema Mark III entre 1972 y 1974, fueron identificadas nuevas cargas hidrodinámicas en la alberca de supresión asociadas al LOCA.

Las pruebas efectuadas por General Electric en el Mark III se les llamó PSTF (Pressure-Test, Facility) y las inicio GE debido a la diferencia de la geometría en la alberca de supresión, así como en la forma de descarga en ella.

En el Mark II la alberca era en proyección vertical abajo del reactor mientras que el Mark III se extendía horizontalmente; la descarga en el Mark II era vertical mientras que el Mark III prevalecía una descarga horizontal, obviamente cuando se efectuaron las pruebas del Mark III se contaba con una instrumentación mucho más sofisticada así como métodos de computación más avanzados, lo que permitieron un mayor número de pruebas y con mayor grado de exactitud.

De estas pruebas (PSTF) surgió por primera vez el efecto dinámico provocado por la introducción de aire seco dentro de la alberca durante la fase inicial del LOCA.

A partir de este suceso la información comenzó a crecer al empezarse a realizar pruebas fuera de los Estados Unidos, pudiéndose valorar los efectos durante las etapas posteriores del LOCA.

Los efectos encontrados después de analizados fueron declarados, como importantes en el diseño del Mark II, en ciertos casos críticos y de esta manera se tuvo que regresar a reevaluar dichos efectos para el caso del Mark II.

Además de experiencias recientes de plantas en operación se concluyó que los efectos de las descargas de las SRV sobre la alberca de supresión podía ser sustancial.

Aunque la descarga de la SRV y el diseño original del LOCA no tenían ninguna relación directa, ambos eventos están caracterizados por un corto período inicial de inyección de aire dentro de la cámara de supresión, seguido por un extenso período de flujo de vapor a gran presión, lo cual provoca los efectos hidrodinámicos ya mencionados.

b) PROGRAMA DE RESOLUCION

La NRC envió cartas a todas las plantas que poseían equipos BWR con contenedor Mark II en Abril de 1975, pidiéndoles que recabaran información con el fin de demostrar que el diseño de sus contenedores era adecuado.

Las plantas que poseían contenedores Mark II formaron un grupo común de investigación e intercambio de información para contestar los requerimientos de la NRC.

Después de un primer análisis se reconoció que las evaluaciones para las diferentes plantas sería muy similar, por lo cual se pudo establecer un plan uniforme para responder a la NRC lo más rápido posible.

En Noviembre de 1975, la NRC recibió la Revisión -- del Reporte de Fuerzas Dinámicas (DFFR). Este reporte describe una metodología genérica para determinar las cargas dinámicas, en la alberca, de supresión. Este reporte describe cuatro LOCAS y seis SRVS experimentales y analíticos establecidos para justificar la metodología presentada en el DFFR.

El programa del grupo Mark II fue modificado en Mayo de 1977. La modificación consistía en dividir el programa en dos partes: Programa de Plantas Líderes (LPP) y Programa Termino Amplio (LTP).

Una rápida referencia de cada uno de los subprogramas se describe a continuación.

b.1 PROGRAMA DE PLANTAS LIDERES (LPP)

El objetivo del LPP era establecer una base de diseño conservadora para la vida útil anticipada de cada planta Mark II BWR.

Las actividades permitidas por NCR en ciertas plantas, a las cuales se les llamó líderes (Zimmer, Shore-ham, La Salle) deberían aportar información cada vez más completa acerca del fenómeno de la alberca de supresión, de tal manera que se establecieran cargas conservadoras --- para la reevaluación de contenedores.

Aparte de los efectos experimentales, se incluyeron condiciones -- más desfavorables por métodos analíticos, para poder llegar a unas cargas de evaluación confiables, así como la determinación de las vibraciones transmitidas a la estructura principal y de soportería que rodean al edificio del contenedor.

De esta manera y con la información conjunta se obtuvieron los modelos de obtención de cargas definitivas los cuales quedaron definidos en la Rev. 2 de DFFR.

b.2 PROGRAMAS DE TERMINO AMPLIO (LTP)

El LTP es un programa adicional, el cual va más allá de lo realizado por el LPP .

Los trabajos realizados en esta etapa vienen detallados en el programa de Justificación del grupo Mark II.

Los objetivos del LTP son:

- i) Proveer justificación a través de pruebas y análisis para una reducción en las cargas de diseño determinadas en el LPP.
- ii) Proveer una confirmación adicional de ciertas cargas utilizadas en el LPP.

Recientemente se ha elaborado un programa nuevo llamado Programa - intermedio (IP) el cual plantea nuevas reducciones para, la revisión--- subsecuente de las plantas después de las plantas líderes, el IP toma - en cuenta casi todas las cargas utilizadas en el LTP, y se encuentra do cumentado en la rev. 3 del DFFR.

b.3 REPORTES DE EVALUACION DE DISEÑO

El propósito del grupo Mark II era el proveer un método general, - de ser posible, para ser utilizado como método único de análisis en las plantas con contenedor Mark II.

Todas las plantas Mark II son básicamente similares en el diseño del contenedor, la cámara de supresión tiene forma cilíndrica, mientras que la cámara de aire seco tiene forma de cono truncado.

Sin embargo existen diferencias significativas para cada diseño particular, entre las cuales podemos citar: la construcción del contenedor, dimensiones características, diferencias entre equipos de soporte y equipos de tubería.

Todo esto hacía un método general de análisis impráctico, por lo cual se añadió al plan genérico del grupo Mark II un Reporte de Evaluación de Diseño (DAR) para cada planta. (Design Assesment Report).

La función del "DAR" era:

- a) Describir la aplicación del programa genérico de Metodología de Cargas dinámicas a una planta particular.
- b) Establecer las cargas dinámicas en la alberca no incluidas en el método general del Mark II.
- c) Proveer una evaluación de la respuesta de las Estructuras, tuberías y equipo en cada planta Mark II a las cargas dinámicas de la alberca, para demostrar que la instalación podía absorber estas cargas con margen de seguridad. (1)

Muy pocos de los efectos producidos en la alberca fueron excluidos del método general del Grupo Mark II, y la mayoría de ellas cayeron en la categoría de cargas secundarias, la clasificación de las cargas las veremos más adelante en este mismo capítulo.

(1) La evaluación de la respuesta de las estructuras y equipos son el tema principal de esta tesis. Ver Introducción.

b.4 MODIFICACIONES A LAS PLANTAS MARK II.

Al mismo tiempo que se han venido desarrollando los diferentes programas de evaluación y análisis varias instalaciones se han visto modificadas en su contenedor para poseer un margen extra de seguridad. Estas modificaciones varían considerablemente entre las diferentes plantas. La tabla 1.1 Muestra una lista de las modificaciones típicas realizadas.

Descripción de los fenómenos productores de las cargas hidrodinámicas:

b.4.1 Descripción del LOCA (Loss of coolant accident).

En la tabla 1.2. Se muestran los eventos que siguen a un LOCA-postulado, las cargas potenciales asociadas a cada evento.

En el momento que ocurre una ruptura de una línea de vapor o de una línea de recirculación, se genera una onda sónica en la línea rota que se expande en la atmósfera de la cámara seca. Esta onda se atenúa en esta cámara y pasa posteriormente por las líneas de desahogo hasta llegar a la alberca.

Al romperse la línea, la presión en la cámara seca se incrementa notablemente, lo cual ocasiona que se forme una onda de presión en el agua que ocupa las líneas de desahogo (Downcomers).

Debido a la presión esta agua entra con gran velocidad a la alberca, provocando el primer efecto hidrodinámico, al chocar el agua en forma de chiflón contra la base de la alberca.

Una vez que toda el agua en las líneas de desahogo ha sido desalojada, la onda de presión continúa, lo cual provoca que el aire de la cámara seca comienza a entrar con gran presión y velocidad en el fondo de la alberca, formando una inmensa burbuja en el fondo de ella.

Inicialmente al empezar a formar la burbuja (estamos hablando de fracciones de segundo) se crea una turbulencia en la superficie del agua, la cual alterada, choca con las estructuras que se encuentran en la alberca, al crecer la burbuja, se eleva el nivel del agua de la alberca, de tal manera que que esta superficie golpea la parte inferior de las estructuras, al mismo tiempo la su

FIGURA 1.1.

LISTA DE MODIFICACIONES TÍPICAS RELACIONADAS
CON LAS CARGAS DINÁMICAS DE ALBERCA EN LAS -
INSTALACIONES CON CONTENEDOR LARK II

- 1.- Atiesadores en forma de anillos soldados al interior de las paredes en los contenedores de acero. Refuerzo adicional en las paredes de los contenedores de concreto, y refuerzo adicional en el piso de la cámara de aire seco.
- 2.- Las Válvulas de Seguridad/Alivio (SRV) con sus respectivas líneas fueron simétricamente recomendadas alrededor de la cámara de supresión. Las líneas horizontales de las SRV fueron trazados nuevamente cerca del piso de la cámara seca, los soportes de acero de las líneas de SRV; fueron rediseñados y se incrementó el espesor de las líneas de las válvulas SRV.
- 3.- El dispositivo de descarga de las SRV fue cambiado de chorro concentrado a una dispersora.
- 4.- El pedestal del soporte del reactor fue modificado, fue relleno con un corazón de concreto reforzado. Para algunos diseños -- que tenían huecos muy grandes, estos fueron eliminados.
- 5.- Las líneas de desahogo de alimentación a las SRV fueron modificadas así como el sistema de soportera de estas líneas. Se aumentó la rigidez de los soportes, y las líneas se acortaron y se les incrementó el espesor de tubería.
- 6.- Todo el equipo en la cámara de supresión fue removido también se hizo un trazo nuevo de la tubería.
- 7.- Las vigas y soportes de acero existentes en la cámara seca, -- fueron rigidizados, modificados o rediseñados.
- 8.- Los restrictores de tubería en la cámara de supresión fueron rediseñados.
- 9.- Se colocaron nuevos instrumentos de control en la cámara de -- supresión con monitores al centro de control.

perficie del agua al elevarse comprime el aire de la parte superior, lo cual provoca que el volumen de agua se comprima en ambos sentidos esto origina una situación totalmente anormal que tiende a compensarse de inmediato, debido a lo cual la burbuja sale a gran velocidad a la superficie, originando que el volumen de agua caiga y golpee violentamente el piso de la alberca, lo cual provoca aparte de la acción sobre la estructura del contenedor vibraciones en toda la periferia muy considerables.

Las líneas de desahogo ven incrementada su profundidad de descarga en mas de 1.5 veces la original cuando el nivel de agua alcanza su nivel máximo antes de caer por efectos de gravedad.

Una vez terminado el flujo de aire existirá un periodo relativamente largo de flujo de vapor, el cual irá disminuyendo con el tiempo; ocurrirá en las líneas de desahogo, en donde se distinguen 3 - 3 fases:

1.- Flujo de alta masa, caracterizada por un estado de semicondensación.

2.- Flujo de masa media, caracterizada por variaciones en el grado de condensación.

3.- Flujo de masa pequeña, caracterizada por condensación intermitente.

Durante la condensación de vapor las líneas de desahogo sufren una carga lateral, debido al oleaje provocado por la interacción del agua-vapor en contacto.

Las cargas laterales máximas durante un LOCA ocurren en la dirección de la salida del chiflón.

La misma condensación provoca también presiones en las paredes de la cámara de subpresión.

Tabla 1.2.

Secuencia de eventos de un LOCA.

<u>Tiempo.</u>	<u>Fenómeno.</u>	<u>Condición potencial de carga dinámica.</u>
0	Ocurre el LOCA.	-Onda sónica. -Onda de compresión.
0.35	Expulsión de agua en las líneas de desahogo y comienzo de flujo de aire.	-Carga de chorro de agua. -Relaciones de las líneas de desahogo. -Carga de burbuja. -Cargas laterales en las líneas de desahogo.
0.85 - 1.5 S	Elevación del nivel del agua de la alberca en masa.	-Cargas de impacto. -Compresión del espacio seco sobre la alberca. -Carga de arrastre en estructuras sumergidas.
	Colapso de la burbuja.	
1.5 S	Elevación del nivel del agua de alberca en espuma.	-Oleaje de espuma sobre las estructuras.
1.5 - 5. S	Caída de la masa de agua.	-Cargas de caída de agua.
1 - 20 S	Continúa el flujo de aire/vapor.	-Presurización de la cámara de supresión. -Cargas de oleaje post-elevación.
4 - 200 S	Condensación de vapor.	-Oscilaciones de presión.
20 - 500 S	Término del flujo.	-Cargas en las paredes de la alberca debido a la expulsión de vapor residual violenta.
110 S (1-4)x10 ⁴ S	Flujo inverso Calentamiento a largo término.	-Presión negativa. -Cargas térmicas. -Segunda crisis de presión.

Al ocurrir un LOCA dispositivos especiales de seguridad entran en operación para que las condiciones de presión y temperatura queden en estado fuera de peligro, pero este proceso puede llevar varias horas.

La magnitud y el tiempo de un LOCA depende del tamaño de la rotura en la línea.

Un espectro de tamaños de rotura fue generado para establecer las condiciones limitantes para los contenedores Mark II.

Entre estas condiciones las de mayor contenido son:

- 1.- Accidente de Diseño Base. (DBA) Rompimiento de línea de recirculación o de una línea principal de vapor quedando dos puntas separadas.
- 2.- Accidente de rotura intermedia. (IBA) Rompimiento de aproximadamente 0-1 pies cuadrados en la línea.
- 3.- Accidente de rotura pequeña. (SBA) Esta rotura no causaría la despresurización de emergencia del reactor.

El DBA contiene todas las limitantes de diseño originales, que van desde impacto de jet, cargas hidrodinámicas normales, cargas de arrastre y caídas accidentales de estructuras encima, el IBA y el SBA contemplan una presurización menor de la cámara seca, por lo cual las cargas en la alberca son mucho menores, sin embargo las acciones de emergencia pueden llegar a ser críticas ya que el flujo de vapor semicondensado puede prolongarse horas, incluso en roturas pequeñas.

b.4.2.- Descripción del fenómeno hidrodinámico SRV.

Las plantas con sistema BWR estan equipadas con válvulas de alivio-seguridad en el sistema primario de vapor.

Las pequeñas variaciones de presión en el sistema pueden ser controlados cambiando el nivel de poder y/o de carga.

Sin embargo, cambios instantáneos tales como un bloque de una turbina no son controlados de esa manera.

Para estos casos de incremento repentino de presión existen las SRV conectados a la línea de vapor primaria, de tal manera que al llegar a una cierta presión, las válvulas se abren descargando el vapor en la alberca de supresión.

Las válvulas están dispuestas en serie, de tal forma que al -- abrirse una de ellas, la presión disminuye en las demás, razón por -- la cual únicamente se abre el número necesario de válvulas para -- compensar el incremento de presión.

Al abrirse las válvulas, el agua contenida en la línea de descarga de la SRV entra a chorro en la alberca de supresión, creando presiones y velocidades transitorias que se manifiestan como diferentes cargas.

Después de la entrada a chorro del agua el aire comprimido penetra por los Downcomers, formando una burbuja de alta presión, la cual sufre varias oscilaciones antes de salir a la superficie, lo -- cual provoca cargas de arrastre en las estructuras sumergidas, así como cargas de presión en las paredes de la alberca.

Inmediatamente después de haber sacado el aire atrapado en el tubo, comienza una fase de inyección de vapor en la alberca.

Los experimentos muestran que en la primera etapa de inyección de vapor, este se condensa sin mayor problema, y no causa cargas de mayor importancia, esto es cuando la temperatura de la alberca se -- se encuentra aún fría.

Después de cierto período de inyección de vapor la temperatura de la alberca se eleva, lo cual provoca que en este rango de condensación del vapor con el agua se vuelva inestable, presentándose -- entre otros fenómenos la formación de burbujas de vapor las cuales después de oscilar se colapsan provocando cargas similares a las -- descritas anteriormente para el LOCA.

La única forma de contrarrestar este efecto según los expertos consiste en reducir la temperatura de operación de la planta de -- tal manera que la temperatura crítica en la alberca no se llegue a presentar.

c) Evaluación de las cargas nuevas.

A continuación se hará una breve evaluación de la metodología empleada por el grupo Mark II en su programa de plantas líderes para cuantificar las cargas hidrodinámicas relacionadas con los fenómenos dinámicos de la alberca de supresión asociados con un LOCA de

diseño o una descarga de SRV.

Estas cargas dinámicas en combinación con las cargas del LOCA - previamente identificadas para cada planta en su Reporte Final de - Análisis de Seguridad (FSAR) son las cargas a utilizarse para dar - una autoevaluación del sistema del contenedor y soporterfa para reportarlo en su Reporte de Evaluación de Diseño, (DAR).

Aparte de estas cargas para cada una de las plantas se agrega - información obtenida a través de los trabajos realizados en el Programa de Largo Término.

Estos trabajos en muchos casos, van a justificar el margen conservador utilizado, y en otros casos, permitirán una reducción de - Cargas de Evaluación, tanto en la estructura del contenedor como en los soportes.

Para la reevaluación de estas estructuras se distinguieron dos tipos de cargas principales; las primarias y las secundarias, clasificación que obedece a su magnitud y a la respuesta ocasionada en la estructura del contenedor primario, así como las sollicitaciones dinámicas en los soportes de conducción de las líneas de los diferentes sistemas debido a las fuertes vibraciones provocadas por los fenómenos hidrodinámicos dentro de la alberca de supresión.

Las cargas que se identifican en cada una de los tipos mencionados son:

c.1. Cargas principales:

i) Cargas de elementos estructurales del contenedor.

a) Cargas de chorro de agua (chiflón) durante el desalojo de la línea de desahogo, en la base de la alberca.

b) Cargas de sobrepresión en las paredes sumergidas (incluyendo el pedestal del reactor) durante el desalojo de la línea de desahogo.

c) Cargas de presión en la base de la alberca y en las paredes sumergidas durante la formación de la Burbuja de Aire y la elevación del nivel.

d) Cargas de presión en las paredes por encima del nivel del agua durante la elevación del nivel debido a la compresión del espacio seco.

e) Cargas de presión en el diafragma que divide la cámara de subpresión y la cámara de aire seco debido a la compresión del espacio seco en la cámara de subpresión.

f) Cargas de presión en las paredes sumergidas y en la base de la alberca durante la expulsión y condensación del vapor de las líneas de desahogo.

ii) Cargas en estructuras sumergidas.

a) Cargas laterales en las líneas de desahogo durante la expulsión a presión del vapor y su condensación.

b) Cargas de arrastre en estructuras sumergidas durante el desalojo de las líneas de desahogo, formación de la burbuja, elevación del nivel de agua, caída repentina del nivel y el colapso de la burbuja.

c) Cargas de impacto en estructuras situadas sobre el nivel original del agua durante la elevación del nivel.

c.2 Cargas secundarias.

i) Cargas de onda sónica.

ii) Cargas de la onda compresiva.

iii) Cargas posteriores a la elevación de nivel.

iv) Cargas sísmicas de oleaje.

v) Cargas de caída del nivel repentina en estructuras sumergidas.

vi) Cargas de empuje.

vii) Cargas de arrastre friccionantes.

viii) Cargas laterales en las líneas de desahogo.

Cerca de mil combinaciones entre cargas principales, secundarias y originales fueron idealizadas en un programa de análisis de flexibilidad de tuberías para la revisión de los soportes y estruc-

tura del edificio del reactor, y en un programa de elementos finitos para la revisión de la estructura del contenedor primario.

El resultado de estas múltiples corridas fue utilizado para la evaluación de esas estructuras.

El tema de esta tesis consiste en la reevaluación de los soportes de conducción de las líneas de tubería de los diferentes sistemas.

En los siguientes capítulos veremos como se hace evolucionar - la información desde las cargas arriba mencionadas y sus combinaciones hasta la aprobación o rechazo de los distintos soportes, para su construcción en la PLANTA NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE.

CAPITULO II

SISTEMA DE SOPORTES.

a) CONCEPTOS GENERALES.

En la planta NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE existen aproximadamente 50 líneas de tuberías, las cuales están guiadas y sostenidas por más de 4000 soportes metálicos.

Estos soportes se encuentran distribuidos en todo el edificio del reactor, dentro y fuera del contenedor primario.

En el presente capítulo se verá detalladamente en que consisten y como funcionan los diferentes tipos de soporte, así como también se hará una clasificación de ellos y se describirán sus características.

Para empezar se definirán los siguientes términos.

- 1.- Soporte: Es el conjunto formado por una estructura metálica y accesorios (piezas de catálogo), cuyo objetivo es guiar, sostener y restringir los movimientos que transmite la tubería a la estructura principal y viceversa.
- 2.- Estructura metálica: Se le llamará estructura metálica al conjunto de elementos estructurales soldados o anclados, al cual se conectan las piezas de catálogo para sostener la tubería en peso y cargas, así como restringir sus movimientos en una o varias direcciones.
- 3.- Piezas de catálogo: Son piezas de manufactura especial, las cuales están en contacto directo con la tubería y sirven de conexión entre ésta y la estructura metálica.

Existe una gran variedad dentro de las piezas de catálogo atendiendo a su funcionamiento y de acuerdo al tipo de estas piezas que tenga el soporte se hará una clasificación de ellos, la cual se verá más adelante en este mismo capítulo.

b) CARACTERISTICAS.

- 1.- Materiales: Los materiales con que están contruidos los soportes varía entre la estructura metálica y las partes de catálogo.

El 95% de las estructuras metálicas de los soportes están - proyectados con perfiles estándar americanos o alemanes, ya sea de acuerdo a las normas del AISC (American Institute of Steel Construction), o a las normas DIN Alemanas (Aportando parte de la ingenierría de la planta). Empleándose para su construcción acero Estructural A-36.

Los materiales de las partes de catálogo son muy variados, - comprendiendo una amplia gama de aceros al carbón y aceros con distintas aleaciones para soportes que trabajan a mas de 500°F.

Ciertas partes de catálogo constan de varios materiales debido a su complejidad, mas adelante se detallará cada una de las piezas de catálogo con mayor claridad.

2.- Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de cada una de las partes del soporte depende del material con que estén construidas y a su geometría o construcción.

Salvo piezas especiales de las cuales se hablará mas tarde podríamos enunciar las propiedades de los elementos de acuerdo a sus materiales, tabulando de esta forma las propiedades como se muestra en la tabla II.1.

Tabla 11.1
Propiedades de los materiales.

	E [$\times 10^3$ ksi]	F_y [ksi]	Coeff. de expansión térmica $\times 10^{-6}$ (in/°F)
Acero A-36	27	30.3	6.82
Acero con carbono arriba del 30%.	28.3	25.7	6.82
Carbono, molibdeno y bajo en cromo.	28.6	32.0	7.07
Cromo intermedio	26.4	31.5	6.34
Aceros A-304, A-310, A-316, A-321, A-347.	26.6	29.7	5.61
Aceros de alto cromo.	27.7	32.0	9.59
Altas aleaciones de níquel.	30.0	31.1	8.08
Aluminio.	9.5	----	13.6
Cobre.	15.1	----	----
Titanio	13.8	----	4.8

ASME III. Apéndice I

Tablas 1.5.0
1.6.0
1.13.1

c) Clasificación.

Como se mencionó con anterioridad, la clasificación de los soportes obedece a las piezas de catálogo mediante las cuales la tubería esta conectada con la estructura metálica.

Para una mayor comprensión antes de clasificar los soportes, se hará una breve definición de las piezas de catálogo mas usuales, con su nombre comercial y una descripción de su funcionamiento.

No será necesario describir y definir los elementos de la estructura metálica ya que su funcionamiento es totalmente convencional y se puede determinar como mas adelante se verá mediante modelos de Ingeniería Estructural convencionales.

-Partes de catálogo: (Ver Anexo 2).

1.- "Axial stop": Su traducción equivale a "restringidor axial", como su nombre lo dice, esta pieza restringe los movimientos de la tubería en sentido axial, siendo capaz de tomar carga en esta dirección y de transmitirla a la estructura metálica, la cual en todos los casos deberá consistir en un marco plano o espacial.

2.- "Gleit lager": Su traducción equivale a "apoyo deslizante"; su geometría es muy parecida a la del "axial stop" e igual que este requiere un marco rígido como estructura de apoyo, pudiendo tener contacto con ella en dos o cuatro puntos cardinales, la diferencia en el "axial stop" radica en que este apoyo no limita el movimiento axial de la tubería, ya que sus partes en contacto unicamente están sobrepuestas, cabiendo la posibilidad de creación de fuerzas de fricción entre apoyo y estructura. Esta pieza restringe movimientos en una o dos direcciones normales al eje de la tubería.

3.- "Strut": No tiene traducción definida pero su funcionamiento equivale al de una simple barra de armadura, se encuentra articulado en ambos extremos y unicamente es capaz de tomar cargas axiales, misma dirección en la cual restringe desplazamientos de la

tuberfa. Un "strut" puede actuar independientemente o en conjunto con otro "strut", formando una pequeña armadura.

4.- "Clamp": Tampoco tiene una traducción definida, pero hace las veces de abrazadera y siempre está asociado a un "strut" o un "snubber" a los cuales se une en forma articulada.

El "clamp" está en contacto directo con la tuberfa, por lo cual en ciertas ocasiones su temperatura de operación puede ser muy alta.

Existen dos tipos de "clamp" de acuerdo a la forma en que reciben las cargas de la tuberfa, "pipe clamp"; cuando reciben cargas normales a la tuberfa o "riser clamp" cuando las cargas les son transmitidas en sentido axial a la tuberfa.

5.- "Snubbers": Son verdaderos amortiguadores, su construcción es a base de un complejo mecanismo que hace que su funcionamiento sea muy especial.

Recibe también el nombre de "shock-arrestor" cuya traducción equivale a restrictor de fuerzas repentinas.

Esta pieza de catálogo tiene la particularidad de que no presta la menor resistencia a cargas aplicadas lentamente, sino que permite el desplazamiento de la tuberfa, teniendo de esta forma capacidad de dilatación térmica y movimientos de ajuste con toda libertad.

Pero si la carga aplicada es repentina (sismo, vibración, carga hidrodinámica) se acciona el mecanismo interior del "snubber" convirtiéndose en un elemento prácticamente indeformable, restringiendo por completo los movimientos provocados por este tipo de sollicitaciones.

El funcionamiento de estas piezas es de capital importancia para el funcionamiento de la planta, por lo cual su mantenimiento debe ser cuidadoso, y su fabricación debe ser meticulosamente controlada.

Al igual que el "strut" está articulado en ambos extremos, tiene siempre un "clamp" asociado y puede trabajar solo en un conjunto con otro "snubber".

6.- "Springs": Su traducción es resorte y como tal funciona.

Existen dos tipos de resortes los "constant springs" y los "variable springs". Resortes constantes y variables respectivamente y esto se refiere a la constante "k" del resorte.

Los resortes constantes mantienen siempre la misma "k", siguiendo una deformación lineal respecto a la carga aplicada, -- dentro del rango del resorte.

Los resortes variables modifican su relación carga-deformación dependiendo del cambio de temperatura entre la de instalación y operación.

A diferencia de los "snubbers" los resortes no son capaces de tomar cargas instantáneas, tomando únicamente cargas lentas (térmicas, gravitacionales, etc.).

Existen varios tipos de resortes y en muchas ocasiones trabajan conjuntamente con "snubbers", haciendo entre ambas las veces de soportes rígidos.

7.- Otros: Las piezas mencionadas se complementan con accesorios, que van desde pasadores, tornillos y abrazaderas, llamados "pipe attachments", hasta anclas de expansión, tuercas y -- placas, llamados "building attachments".

Abastecen la planta de LAGUNA VERDE dos fabricantes principales de estas piezas, una americana y una alemana, la primera es NPS Industries Co. y la segunda Bergen Paterson, la cual depende de Mannesman Anlagenbau, compañía especializada en diseño de plantas nucleares.

Un tercer fabricante es quien suministra los "snubbers", -- Pacific Scientific Arrestors.

c.1 Tomando en cuenta el funcionamiento de las piezas de catálogo, ya sea independientemente o en conjunto se puede hacer la siguiente clasificación de soportes.

1.- Restricción axial en una sola dirección.

Dos struts + riser clamp	-restricción total-
Dos snubbers + riser clamp	-restricción limitada-

2.- Restricción en dirección axial y una dirección normal.

Axial stop. (struts + riser clamp) + (strut + pipe clamp). (snubbers + riser clamp) + (strut + pipe clamp).	-casos especiales-
---	--------------------

3.- Restricción en dos direcciones normales a la tubería.

Gleitlager. Axial stop. Dos struts + pipe clamps. Dos snubbers + pipe clamps.	-restricción limitada-
--	------------------------

4.- Restricción en una dirección normal a la tubería.

1 strut + pipe clamp. 1 snubber + 1 resorte. 1 snubber + pipe clamp. 1 resorte	-restricción limitada-
---	------------------------

5.- Restricción en tres direcciones.

Axial stop. Alguna combinación de las anteriores.
--

c.2 De acuerdo a los movimientos permitidos en la tubería, los soportes pueden ser clasificados de la siguiente manera:

1.- Rígidos. Los desplazamientos dependen tan solo de la deformación elástica de las piezas. (struts, axial stops, combinaciones).

2.- Deslizantes. Puede ser rígido en una o dos direcciones normales a la tubería pero en sentido axial únicamente presenta oposición al movimiento mediante fuerzas de fricción (gleitlager).

3.- Especiales. Restringen movimientos por cargas rápidas y los permiten por cargas lentas o constantes (snubbers) o viceversa (resortes).

En el anexo 2 tenemos un extracto con la información de diferentes fabricantes con las partes de catálogo más usuales.

C A P I T U L O III PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL.

El LPP y el LTP desarrollados por el Grupo Mark II, dieron como resultado un extenso estudio acerca de los fenómenos dinámicos - que ocurren durante un DBA-LOCA (Accidente de pérdida de refrigerante de diseño) o durante una descarga de diseño de las SRV (Válvulas de descarga y alivio), los cuales fueron descritos ya en el capítulo I de esta tesis.

Basados en estos estudios y conjuntamente con General Electric (el fabricante del reactor) y los estudios de análisis del propio Grupo Mark II la NRC aprobó los procedimientos analíticos para la determinación de las nuevas cargas asociadas a estos fenómenos.

Para el caso de la PLANTA LAGUNA VERDE como en todas las demás se hizo un análisis particular.

Este análisis está dividido en dos partes principales, el análisis de la estructura del contenedor primario y el análisis de flexibilidad de las tuberías.

Para la primera parte se emplearon complejos programas de análisis de elemento finito, aplicando una gran cantidad de cargas y de combinaciones de carga, este análisis efectuado en E.E.U.U. determinó las solicitaciones nuevas a las cuales estaba sometida la estructura del contenedor primario; información con la cual se efectuó la revisión de dicha estructura, también en una empresa americana.

Para la segunda parte del análisis se empleó también un programa de computadora y fue la misma empresa americana - que aparte es el contratista encargado de la construcción de la planta - quien realizó dicho análisis.

Las cargas y combinaciones de carga que se tomaron en cuenta - abarcan todas las posibilidades incluyendo a las originales con que estaba diseñado cada uno de los soportes, aunque en esta corrida prevalecieron como cargas de diseño las nuevas debidas a los fenómenos hidrodinámicos en el contenedor.

En la tabla III.1 se puede encontrar un resumen de las cargas y combinaciones de carga que se emplearon, con su clave correspondiente. Como se puede apreciar de aproximadamente 500 combinaciones de carga tres de ellas se emplearon finalmente - aunque estas -

- - -

abarquen casi a todas las demás y cada una de estas tres se asoció a una condición de carga del soporte; lo cual se puede apreciar en la primera parte de la tabla.

La combinación 720 corresponde a la condición normal de la tubería sobre el soporte.

La combinación 730 corresponde a la condición alterada de la tubería sobre el soporte.

La combinación 740 corresponde a la condición de emergencia de la tubería sobre el soporte.

Para determinar cuantitativamente cada una de las cargas actuando en cada una de las direcciones globales del sistema y en cada soporte, la corrida de computadora se basó en las siguientes hipótesis.

i) Se conoce la separación entre cada soporte y las direcciones que restringe.

ii) Se idealizan los soportes como resortes rígidos con una determinada K , cada soporte equivale a tantos resortes como restricciones tenga.

iii) Se supone una masa máxima de tubería + soporte.

De esta manera para que al final de la revisión el soporte resultara adecuado, aparte de que sus piezas deben resistir local y globalmente las solicitaciones a las que se les somete, con los factores de seguridad especificados en el ASME NF3000 y en la especificación M-19 CFE; la rigidez calculada en el soporte deberá ser igual o mayor a la supuesta en la corrida de computadora, y la frecuencia del soporte -la menor en caso de varios grados de libertad- deberá ser mayor de 33 Hertz, para poder cumplir los requerimientos de masa supuestos.

Tabla III.1 (Cont.)

733	Carga de emergencia del soporte comb. 5 *
734	Suma de /333/+ /321/+ /505/+ /720/
735	Suma de 2/333/+ /321/+ /507/+ /720/
720	Carga normal del soporte comb. 1 *

*Nota: Combinación 7= Suma de /352/+ /734/
Combinación 8= Suma de /352/+ /735/
Combinación 9= Suma de 2/333/+ /352/+ /510/+ /720/
Combinación 5= Suma de 2/333/+ /351/+ /503/+ /720/
Combinación 1= Componente máximo de los casos 90,511,512

Tabla III.1

Combinaciones de carga de evaluación.

Condición del sistema.	Nivel de servicio.	Combinación de carga.	Descripción.
Prueba			N/A a cargas nuevas.
Normal	A	720	Máximo comp. de 90, 511, 512.
Alterada	B	730	Suma de /333/+ /351/+ /502/+ /720/
Emergencia	C	740	Comp. max. de 733,737,738, 739
Nomenclatura combinación		Título de condición de carga.	
90		Peso normal.	
511		Carga muerta + carga térmica (TVE)	
512		Carga muerta + carga térmica (VE)	
333		Desplaz. sísmico en x+y+z (OBE) operating basis earthquake.	
351		Desplaz. máx. compresivo y/o ADS.	
502		OBE + Componente máx. en x con 1% de amort. de SRV.	
503		OBE + Componente máx. en x con 2% de amort.	
321		Max. SRV -4x+y+z ADS.	
505		Carga del soporte inicial -ADS+OBE+IBA.	
352		Desplaz. máx. de LOCA.	
507		Carga de inercia de soporte -ADS+OBE+IBA.	
510		Carga de inercia de soporte +OBE+LOCA.	
737		Carga de emergencia del soporte comb. 7 *	
738		Carga de emergencia del soporte comb. 8 *	
739		Carga de emergencia del soporte comb. 9 *	

a) RECEPCION Y MANEJO DE INFORMACION.

Para iniciar la revisión del soporte, el primer paso a seguir, es identificarlo plenamente, y para ello se debe revisar la información que manda C.F.E. de tal forma que para cada soporte se deba conocer e identificar lo siguiente:

- 1.- No. de cálculo de la computadora.
- 2.- No. de soporte dentro del cálculo.
- 3.- Sistema al que pertenece el cálculo.
- 4.- No. de isométrico del sistema.
- 5.- Revisión del isométrico correspondiente.
- 6.- No. del dibujo del soporte.
- 7.- Fabricante.
- 8.- Lista de materiales del dibujo del soporte.
- 9.- Estado de revisión del dibujo.
- 10.- Estado de revisión de fabricación.

Todos estos datos se encuentran ya sea en los listados de computadora, en el isométrico del sistema o en el dibujo del soporte -- lo cual constituye la información que C.F.E. proporciona para la -- evaluación del soporte, si falta cualquiera de los tres, el soporte no podrá ser reevaluado por falta de información.

Tomando en cuenta que son mas de 4000 soportes los que hay que reevaluar resultaría un gran problema dejar al criterio de cada calculista la forma de reportar los diez puntos mencionados por lo -- cual será conveniente la elaboración de un formato para ello. El -- anexo C muestra la forma utilizada para este fin.

Es pertinente aclarar que existe para toda empresa dedicada a trabajos relacionados con la Industria Nuclear un departamento llamado de Garantía de Calidad, obedeciendo a las normas de la NRC en E.E.U.U. o a la CNSNS en México (Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.)

Por disposiciones del departamento de garantía de calidad de -- C.F.E. para cada cálculo se deberán reportar los diez puntos ante -- riores, y los tres primeros puntos deberán aparecer en cada una de las hojas de que conste el cálculo de la revisión del soporte.

b) Determinación de cargas de evaluación.

Como se vió en la introducción de este capítulo, se manejan finalmente tres combinaciones de carga que son las siguientes:

Normal	Combinación 720
Alterada	Combinación 730
Emergencia	Combinación 740

Según las especificaciones de la NRC, el soporte deberá ser revisado siguiendo el siguiente criterio para determinar las cargas de evaluación:

Se compararán los valores de las combinaciones 720, 730 y 740/1.33 y se tomará la mayor de las tres como carga de evaluación.

Por lo general corresponderá la misma combinación para la evaluación en las tres direcciones, pero en el caso que no sea así, se elegirá la combinación que represente la condición de carga más desfavorable tomando en cuenta las cargas en las tres direcciones. En el caso en que no se pueda determinar cual es la combinación que genera la condición de carga más desfavorable, entonces se hará la determinación de las cargas de evaluación independientemente en cada dirección.

En caso de que existan apoyos deslizantes en el soporte, deberán considerarse fuerzas de fricción en la dirección correspondiente, utilizando un coeficiente de fricción 0.4

Debido a la naturaleza dinámica de las cargas, todas las fuerzas actuantes que vienen en el listado de computadora deberán tomarse en ambos sentidos, y encontrar la condición de carga más desfavorable.

Las fuerzas que proporciona el listado vienen aplicados en el eje axial de la tubería y en dos direcciones ortogonales que coinciden con los ejes globales del sistema.

Las unidades reportadas en el sistema son libras para las fuerzas y pulgadas para los desplazamientos, teniendo que efectuarse las conversiones a kilogramos y a centímetros respectivamente.

El formato para la determinación de cargas de evaluación se encuentra en el anexo D.

Las cargas originales con que se diseñó el soporte, vienen en un cuadro dentro del dibujo del soporte. Si las nuevas cargas de evaluación son menores, iguales o hasta un 5 % mayores que las originales, el soporte no tendrá que ser reevaluado y se aprobará para su construcción tal como está. Esto obedece a los factores de seguridad empleados en el diseño original.

c) Análisis Estructural.

Una vez determinadas las cargas de evaluación, se procederá al análisis estructural del soporte.

Para el análisis de los soportes, se van a considerar dos casos principales en cuanto a sus condiciones de apoyo:

- 1.- Soportes con estructura isostática.
- 2.- Soportes con estructura hiperestática.

c.1 Soportes con estructura isostática.

Para este tipo de estructura, lo más práctico es desarrollarlas manualmente mediante criterios y procedimientos definidos, utilizando fórmulas básicas de Ingeniería Estructural, y apegándonos a las normas del ASM NF 3000 las cuales rigen las estructuras metálicas de plantas nucleares.

Dentro de las estructuras isostáticas, para el caso de soportes se van a presentar 3 casos principales, que se pueden combinar con otras.

- C.1.1) Armaduras.
- C.1.2) Viga empotrada.

C.1.1) Armadura.

Antes de comenzar formalmente la deducción del comportamiento de las armaduras es pertinente aclarar que el máximo número de barras que se encontrarán es de dos, y que en todos los casos estas barras están formadas ya sea por struts o por snubbers.

Análisis de armadura.

C.1.1.1 Definiciones.

F_x .- Fuerza externa que actúa en la dirección x en el nodo de unión de las barras de la armadura, (kg)

F_y .- Fuerza externa que actúa en la dirección y en el nodo de unión de las barras de la armadura, (kg)

θ, δ .- Ángulos que forman las barras respecto al eje, y (ver fig.1)

E .- Módulo de elasticidad del material del que están constituidas las barras.

F_{ax} .- Fuerza axial interna que actúa sobre la barra "a" debido a la fuerza externa F_x (kg)

F_{ay} .- Fuerza axial interna que actúa sobre la barra "a" debido a la fuerza externa F_y (kg)

F_{bx} .- Fuerza axial interna que actúa sobre la barra "b" debido a la fuerza externa F_x (kg)

F_{by} .- Fuerza axial interna que actúa sobre la barra "b" debido a la fuerza externa F_y (kg)

L_a, L_b .- Longitudes de las barras "a" y "b" (cm)

A_a, A_b .- Áreas de las barras "a" y "b" (cm²)

$\Delta x, \Delta y$.- Desplazamiento del nudo de unión de las barras en "x" y "y" respectivamente (cm)

F_a, F_b .- Fuerza total interna que actúa sobre las barras "a" y "b" respectivamente debido a las fuerzas externas F_x y F_y (kg)

R_{ax}, R_{ay} .- Componentes de la fuerza interna F_a en las direcciones "x" y "y" respectivamente (kg)

R_{bx}, R_{by} .- Componentes de la fuerza interna F_b en las direcciones "x" y "y" respectivamente (kg)

M_a, M_b .- Momento provocado por R_{ax} o R_{bx} en la estructura que soporta la armadura.

\bar{e}_a, \bar{e}_b .- Excentricidad en "y" del punto de descarga de la barra "a" o "b" respecto a la estructura que soporta la armadura.

C.1.1.2. Aplicación.

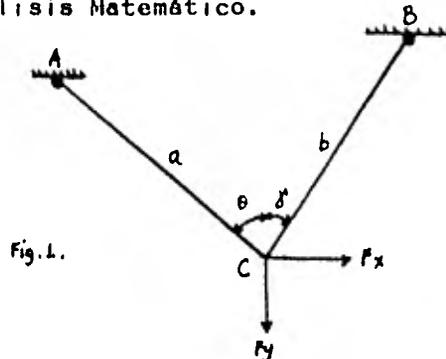
El método de análisis de armadura que se describirá a continua-

ción permitirá conocer las fuerzas internas desarrolladas en las barras, así como el desplazamiento del nodo de unión de ambas debido a un sistema de fuerzas externas aplicadas en el nodo de unión, en el mismo plano de la armadura.

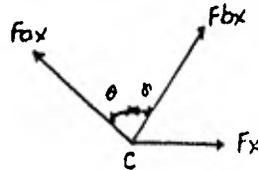
Para la revisión de soportes de la planta LAGUNA VERDE, las fuerzas F_x , F_y se considerarán con un sentido positivo y en el cálculo de F_a y F_b se considerarán los valores absolutos de F_{ax} , F_{ay} , F_{bx} y F_{by} , con el objeto de evaluar las máximas fuerzas internas, tomando en cuenta que las cargas aplicadas son reversibles y su sentido puede cambiar indistintamente.

Las fuerzas externas, se aplicarán independientemente para el cálculo de los desplazamientos, ya que estos se utilizarán posteriormente para el cálculo de la rigidez de la armadura en cada una de las direcciones.

C.1.1.3. Análisis Matemático.



Considerando F_x únicamente, el nudo C está sujeto a las siguientes fuerzas.



$$\sum F_x=0 \quad \therefore F_{ax} \sin \theta - F_{bx} \sin \delta = F_x \quad \text{-----(1)}$$

$$\sum F_y=0 \quad \therefore F_{ax} \cos \theta = -F_{bx} \cos \delta \quad \text{-----(2)}$$

Sustituyendo (2) en (1).

$$F_{ax} \operatorname{sen} \theta + F_{ax} \frac{\cos \theta}{\cos \delta} \operatorname{sen} \delta = F_x$$

$$F_{ax} \left(\frac{\operatorname{sen} \theta \cos \delta + \cos \theta \operatorname{sen} \delta}{\cos \delta} \right) = F_x$$

Sustituyendo: $(\operatorname{sen} \theta \cos \delta + \cos \theta \operatorname{sen} \delta) = \operatorname{sen} (\theta + \delta)$

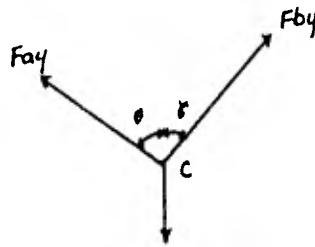
$$F_{ax} = \frac{\cos \delta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} \quad (3)$$

$$\text{igualmente } F_{bx} = -F_x \frac{\cos \theta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} \quad (4)$$

Tensión

Compresión

Considerando unicamente F_y , el nudo "C" estará sujeto a las siguientes fuerzas:



$$\sum F_x = 0 \quad F_{ay} \operatorname{sen} \theta = F_{by} \operatorname{sen} \delta \quad (5)$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{ay} \cos \theta + F_{by} \cos \delta = F_y \quad (6)$$

Sustituyendo (5) en (6)

$$F_{ay} \cos \theta + F_{ay} \frac{\operatorname{sen} \theta}{\operatorname{sen} \delta} \cos \delta = F_y$$

$$F_{ay} \frac{(\cos \theta \operatorname{sen} \delta' + \operatorname{sen} \theta \cos \delta')}{\operatorname{sen} \delta} = F_y$$

$$F_{ay} = \frac{F_y \operatorname{sen} \delta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta')} \quad (7)$$

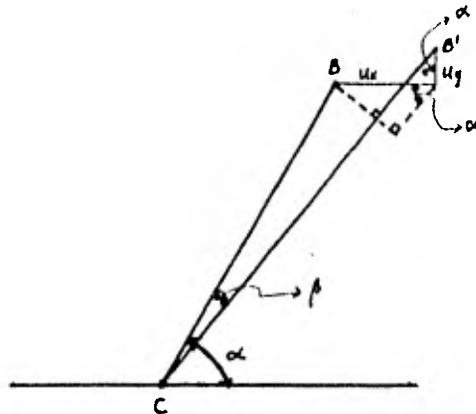
$$F_{by} = \frac{F_y \operatorname{sen} \theta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta')} \quad (8)$$

Tensión

Tensión

Cálculo de los desplazamientos.

Aislando una barra de la armadura



CB: Barra de armadura en posición inicial.

CB': Barra de armadura - deformada.

α : Ángulo inicial de la barra CB respecto al eje "x".

β : Ángulo de giro de la barra.

L: Longitud inicial de la barra.

U_x, U_y : Desplazamiento del nudo B en las direcciones "x" y "y".

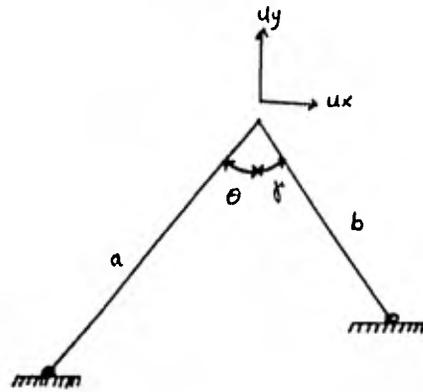
e: Elongación axial de la barra.

$$e = U_x \cos \alpha + U_y \operatorname{sen} \alpha \quad (9)$$

Aplicando esta ecuación a la armadura tenemos

$$e_a = U_x \operatorname{sen} \theta + U_y \cos \theta \quad (10)$$

$$e_b = U_x \operatorname{sen} \delta' + U_y \cos \delta' \quad (11)$$



de (11)

$$Uy = \frac{eb + Ux \operatorname{sen} \delta}{\cos \delta}$$

Sustituyendo en (10)

$$ea = Ux \operatorname{sen} \theta + \frac{eb \cos \theta + Ux \operatorname{sen} \delta \cos \theta}{\cos \delta}$$

$$Ux (\operatorname{sen} \theta \cos \delta + \operatorname{sen} \delta \cos \theta) + eb \cos \theta = ea \cos \delta$$

$$Ux = \frac{\cos \delta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} ea - \frac{\cos \theta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} eb$$

Considerando que solo actúa F_x

$$ea = \frac{F_{ax} L_a}{A_a E_e}$$

$$eb = \frac{F_{bx} L_b}{A_b E_b}$$

$$Ux = \Delta x = \frac{\cos \delta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} F_{ax} \left(\frac{L}{AE} \right)_a - \frac{\cos \theta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} F_{bx} \left(\frac{L}{AE} \right)_b$$

De las ecuaciones (3) y (4)

$$\frac{\cos \delta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} = \frac{F_{ax}}{F_x}$$

$$\frac{\cos \theta}{\operatorname{sen} (\theta + \delta)} = - \frac{F_{bx}}{F_x}$$

Finalmente:

$$\Delta x = F_{ax} \left(\frac{L}{AE} \right)_a \frac{F_{ax}}{F_x} + F_{bx} \left(\frac{L}{AE} \right)_b \frac{F_{bx}}{F_x}$$

$$\text{De (11)} \quad U_x = \frac{U_y \cos \delta - eb}{\text{sen } \delta}$$

Sustituyendo en (10)

$$ea = \frac{U_y \cos \delta \text{sen } \theta - eb \text{sen } \theta}{\text{sen } \delta} + U_y \cos \theta$$

$$U_y (\cos \delta \text{sen } \theta + \cos \theta \text{sen } \delta) = ea \text{sen } \delta + eb \text{sen } \theta$$

$$U_y = \frac{\text{sen } \delta}{\text{sen}(\theta + \delta)} ea + \frac{\text{sen } \theta}{\text{sen}(\theta + \delta)} eb$$

Considerando que solo actúa F_y

$$ea = \frac{F_{ay} L_a}{A_a E_a} \quad eb = \frac{F_{by} L_b}{A_b E_b}$$

$$U_y = \Delta y = \frac{\text{sen } \delta}{\text{sen}(\theta + \delta)} F_{ay} \left(\frac{L}{A E}\right)_a + \frac{\text{sen } \theta}{\text{sen}(\theta + \delta)} F_{by} \left(\frac{L}{A E}\right)_b$$

De las ecuaciones (7) y (8)

$$\frac{\text{sen } \delta}{\text{sen}(\theta + \delta)} = \frac{F_{ay}}{F_y} \quad \frac{\text{sen } \theta}{\text{sen}(\theta + \delta)} = \frac{F_{by}}{F_y}$$

Finalmente

$$\Delta y = F_{ay} \left(\frac{L}{A E}\right)_a \frac{F_{ay}}{F_y} + F_{by} \left(\frac{L}{A E}\right)_b \frac{F_{by}}{F_y}$$

Las fuerzas en las barras quedarán finalmente.

$$F_a = F_{ax} + F_{ay}$$

$$F_b = F_{bx} + F_{by}$$

Las reacciones en los apoyos:

$$R_{ax} = F_a \operatorname{sen} \theta$$

$$R_{ay} = F_a \operatorname{cos} \theta$$

$$R_{bx} = F_b \operatorname{sen} \delta$$

$$R_{by} = F_b \operatorname{cos} \delta$$

Los momentos transmitidos a la estructura existente.

$$M_a = R_{ax} \bar{e}_a$$

$$M_b = R_{bx} \bar{e}_b$$

- * Nota: Para la revisión sistemática de este tipo de soportes, los resultados de este análisis se integraron en un formato correspondiente al anexo E.

C.1.2. Análisis de vigas en cantilver.

C.1.2.1. Definiciones.

- F_x, F_y, F_z . Fuerzas externas aplicadas en el extremo libre de la viga. [Kg]
- M_x, M_y, M_z . Momentos externos aplicados en el extremo libre de la viga. [Kg·cm]
- E. Módulo de elasticidad del material de la viga [Kg/cm²]
- I_y, I_z . Momentos de inercia centroidales de la sección transversal de la viga. [cm⁴]
- Ax. Area total de la sección transversal de la viga.
- G. Módulo resistente o esfuerzo cortante del material de la viga. [Kg/cm²]
- α_y, α_z . Factor de forma de la sección dada por $f_v \text{ max}/f_v$ promedio.
- L. Longitud de la viga del empotramiento al punto de aplicación de elementos mecánicos. [cm]
- \bar{M}_z, \bar{M}_y . Momentos flectores que actúan en el extremo de la viga.
- $\Delta x, \Delta y, \Delta z$. Deflexiones en el extremo libre de la barra.

C.1.2.2. Aplicación.

Las fórmulas y datos empleados son válidos para fuerzas y momentos externos actuando en el extremo libre de la viga. Los valores de las propiedades geométricas I_y, I_z, A_x, α_y , y α_z se obtendrán de manuales, tablas o normas de fabricantes, o en su defecto con métodos tradicionales de cálculo de mecánica y resistencia de materiales, la deducción de estas propiedades se encuentra en el Anexo 1.

Las fuerzas y momentos deberán seguir una convención de signos como la que se propone a continuación; los momentos de empotramiento en su sentido positivo tendrán una dirección contraria a los momentos flectores positivos.

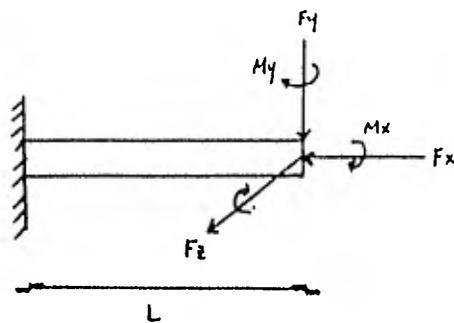
La dirección positiva de $\Delta x, \Delta y$, y Δz , será la misma que la positiva de F_x, F_y y F_z .

C.1.2.3. Modelos Matemáticos.

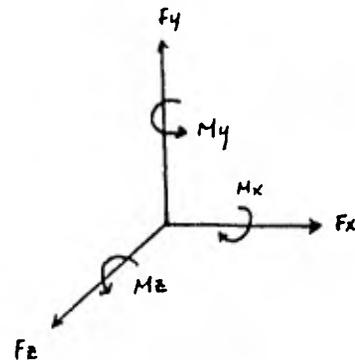
El valor de E, se puede obtener del Código ASME, Sección III., Subsección de apéndices.

Para la revisión de soportes de planta nuclear, se tomará conservadoramente para la mayoría de los cálculos el módulo de elasticidad del Acero A-36 a 400°C, que corresponde a $1.9 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ (27 000 Ksi).

La obtención de fuerzas, momentos y cortantes en la viga se hará manualmente aplicando la teoría de estructuras isostáticas.



Direcciones Positivas.



Momentos de diseño.

$$\bar{M}_y = M_y + F_z L$$

$$\bar{M}_z = M_z + F_y L$$

Cortantes de diseño.

$$V_y = F_y \quad ; \quad V_z = F_z$$

Axial de diseño.

$$P = F_x$$

Obtención de deflexiones:

$$\Delta x = \frac{F_x L}{A_x E} \quad \text{deformación axial}$$

$$y = \underbrace{\frac{F_y L^3}{EI}}_z + \underbrace{\frac{M_z L^2}{2EI}}_z + \underbrace{\frac{\alpha_y F_y L}{A_x G}}_{\text{deformaciones normales al eje longitudinal.}}$$

deflexión por flexión deflexión por cortante

$$z = \underbrace{\frac{F_z L^3}{3EI_y}}_z + \underbrace{\frac{M_y L^2}{2EI_y}}_z + \underbrace{\frac{\alpha_z F_z L}{A_x G}}_{\text{deformaciones normales al eje longitudinal.}}$$

deflexión por flexión deflexión por cortante

Para mayor facilidad de utilización, estas fórmulas se resumen en el anexo F.

C.2. SOPORTES CON ESTRUCTURA HIPERESTÁTICA.

El análisis estructural de marcos hiperestáticos, los cuales constituyen la mayoría de los casos en las estructuras de los soportes, nos presenta dos opciones de resolución:

- 1.- Resolución manual por algún método exacto.
- 2.- Utilización de algún programa de computadora.

Para el caso de marcos sencillos, la primera opción puede ser aplicable, sin embargo para marcos de estructuración compleja con varios grados de libertad, el tratar de analizarlos manualmente se convierte en una tarea demasiado impráctica.

El análisis manual de un marco simple sin desplazamiento lateral se puede realizar mediante un ciclo del método de CROSS, sin embargo para los marcos más complicados en geometría y cargas se tienen que hacer dos o más distribuciones diferentes y el análisis manual se complica hasta grados demasiado elevados en estructuraciones complejas en el espacio.

Muchas veces la falta de espacio en el edificio del reactor, o en la cámara de supresión provoca que las estructuras de los soportes tengan formas que van desde lo complejo hasta lo caprichoso, y debido a esto se hace necesario la utilización de un programa de computadora para analizar dichos marcos.

El programa que se utiliza para el análisis estructural - de los soportes de la PLANTA LAGUNA VERDE es proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad, quien lo recibe por micro ondas de un Centro de Cómputo situado en la Ciudad de Kansas - en Estados Unidos.

El nombre del programa es SAP teniendo acceso la C.F.E. a la versión IV del mismo.

Este programa sigue un método de análisis matricial, permitiendo realizar análisis estáticos y dinámicos de las estructuras.

c.2.1. DESCRIPCION DEL SAP IV.

Como una breve introducción se darán a continuación las características del programa, su alcance y su aplicación.

1.- El programa trabaja con coordenadas para cada uno de los nudos que el analista decida utilizar, definiendo para ello un sistema global de coordenadas cuyo único requisito es que forme un sistema cartesiano.

2.- El programa considera cuatro diferentes tipos de elementos, que son: barra de armadura, elemento viga, elemento --placa o cascarón y elemento sólido tridimensional. Cada uno de ellos tiene un número de control y en el instructivo de codificación vienen todos los requisitos para que la máquina los considere.

3.- El programa acepta pesos y masas concentradas y distribuidas, cargas puntuales, distribuidas, momentos concentrados de flexión y torsión, pudiendose combinar todo esto en todas las condiciones de carga que se deseen analizar respecto a cargas; y todas las combinaciones de distribución de masas para el caso de análisis dinámicas de obtención de frecuencias.

Como se verá mas adelante el programa es bastante versátil debido a lo cual se convierte en un arma poderosa a utilizarse en el análisis, con la ventaja de mayor rapidez y economía, así como un porcentaje de errores y omisiones mucho muy bajo.

CAPITULO IV.

REVISION DEL DISEÑO.

Como se dijo anteriormente el problema principal acerca de los soportes de las líneas de tubería, reside en saber si el diseño original es adecuado, para soportar las nuevas cargas hidrodinámicas que no habfan sido tomadas en cuenta. Atendiendo a esto, los criterios de revisión podrán parecer en algunos casos bastante conservadores, de tal forma que si los elementos estructurales o las piezas de catálogo, resultan adecuadas a la primera revisión se tendrá un alto coeficiente de seguridad, en el caso de que algún elemento resulte no adecuado debido a escasa resistencia, entonces se procederá a efectuar un análisis mas refinado tratando de aplicar las condiciones que mas se ajusten a la realidad.

Para el caso de que una estructura tenga varios elementos similares, se tratará de obtener aquel que presente la condición o combinación de carga mas severa; en muchos casos las condiciones de carga podrán, ser similares para varios elementos, y, en tal caso se harán las revisiones de cuantos elementos sean necesarios o dependiendo del criterio del ingeniero calculista se hará la revisión con una envolvente.

El diseño de todos los elementos estructurales se hizo conforme a la referencia 1.2, 1.3 y 1.4. Todos los componentes de catálogo están diseñados y construidos de acuerdo a la referencia 1.2.

Las consideraciones especiales y, criterios particulares de diseño de la planta de Laguna Verde están regidos por las referencias III.1 y III.2.

a) ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Una vez realizado el análisis estructural por alguno de los métodos descritos en el capítulo anterior se procede a la revisión de los elementos de la estructura metálica.

Para dicha revisión se contarán con los siguientes datos:

- 1.- Fuerzas y momentos actuando sobre el elemento.
- 2.- Geometría del elemento.

3.- Material, (A-36 para el 99% de todos los elementos -- que componen la estructura).

La temperatura de diseño será de 200°C. Esta temperatura -- es la mayor que se puede llegar a presentar en el caso de un LO-CA de diseño. (Ver Capítulo I).

Por lo anterior se generan los siguientes datos de diseño.

$$\begin{aligned} E &= 1.9 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2 \quad (30.3 \text{ Ksi}) \\ F_y &= 2150 \text{ Kg/cm}^2 \\ \nu &= 0.3 \\ G &= 730\,000 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Donde:

E.- Módulo de Elasticidad del Acero A-36 a 200°C.
F_y.- Esfuerzo de fluencia del Acero A-36 a 200°C.
ν.- Módulo de Poisson del Acero A-36.
G.- Módulo de elasticidad a cortante.

$$G = \frac{E}{2(1-\nu)} = \frac{1.9 \times 10^6}{2(1.3)} \doteq 730\,000 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el caso en que algún elemento estructural resulte -- inadecuado por exceder los esfuerzos permisibles, se hará una -- reevaluación del soporte utilizado para ella el módulo de elasti- cidad (E) correspondiente a la temperatura real.

Dentro de los elementos que componen la estructura metáli- ca se van a diferenciar tres tipos principales:

- 1.- Perfiles de elementos viga, columna o barra de armadu- ra.
- 2.- Anclas de placas sobre concreto.
- 3.- Placas base embebidas en concreto.

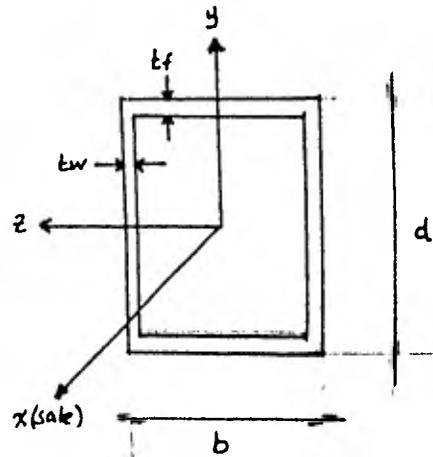
La revisión de los elementos de la estructura se hará me- diante el criterio de esfuerzos permisibles cumpliendo con las -- referencias 1.2, 1.3, III.1 y III.2.

Como se explicó en el capítulo III, las cargas presentadas son reversibles, por lo tanto se revisarán únicamente las condiciones más críticas para el caso de carga axial, las cuales corresponden a los esfuerzos de compresión, para casos especiales se tomará entonces los esfuerzos actuantes de tensión.

a.1) Esfuerzos actuantes

a.1.1) Esfuerzo axial.

$$f_a = \frac{F_x}{A_x}$$



a.1.2.) Esfuerzos de flexión

$$f_b = \underbrace{\frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z}}_{\text{Debido a momentos flectores}} + \underbrace{\frac{M_x B}{2S_y}}_{\text{Debido a torsión Secciones I y [únicamente.}}$$

Debido a momentos flectores

Debido a torsión Secciones I y [únicamente.

El valor del parámetro B para secciones I y Canal, así como las fórmulas para encontrar el valor del esfuerzo de flexión por torsión debidos al alabeo y giro en secciones abiertas se encuentra en las tablas 21 y 22 de la referencia 11.2.

a.1.3.) Esfuerzos cortantes.

(i) Debido a fuerzas cortantes.

$$f_v \max = \alpha f_v \text{ prom.}$$

donde:

$f_v \max$ = esfuerzo cortante máximo.

$f_v \text{ prom}$ = esfuerzo cortante promedio = $\frac{F_v}{A_x}$

α = factor de forma

o bien:

$$f_v \max = \frac{F_v}{A_x}$$

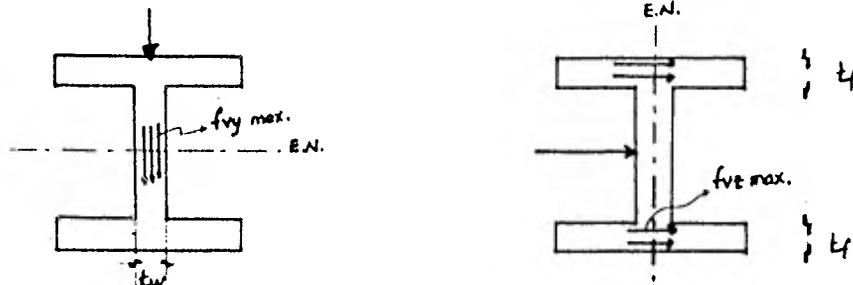
El esfuerzo cortante puede variar en su distribución para ambas direcciones dependiendo de su factor de forma α .

Aplicando la fórmula anterior en ambas direcciones, tenemos.

$$f_{vy} \max = \frac{F_v \alpha_v}{A_x} \dots\dots (1) \text{ Para el cálculo y deducción de } \alpha_y \text{ y } \alpha_z \text{ consultar el apéndice 1.}$$

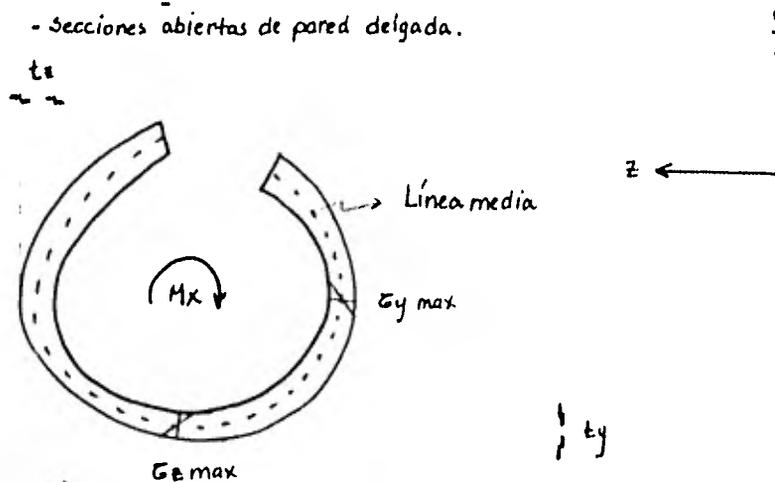
$$f_{vz} \max = \frac{F_z \alpha_z}{A_x} \dots\dots (2)$$

f_{vy} y f_{vz} máximos se presentan generalmente lo más cerca del eje neutro perpendicular al esfuerzo en aquella parte de la sección donde el espesor total disponible para resistir el cortante es mínimo.



(ii) Esfuerzo cortante debido a momentos de torsión.

- Secciones abiertas de pared delgada.



El esfuerzo cortante en cualquier punto es paralelo a la dirección de la línea media, en ese punto, los esfuerzos cortantes varían linealmente a partir de la línea media y son máximos en las fibras extremas.

El esfuerzo máximo en un punto cualquiera está dado por:

$$\tau_{\max} = \frac{M_x t}{R}$$

M_x = Momento actuante de torsión sobre la sección.

t = Espesor de la sección en el punto donde se calcula max.

R = Resistencia torsional de la sección.

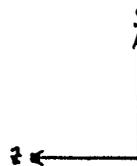
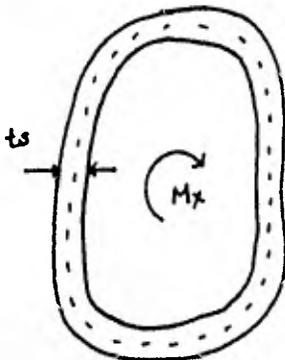
Aplicando la fórmula anterior a los ejes "y" y "z" respectivamente:

$$\tau_{y \max.} = \frac{M_x t_{z \max}}{R} \dots\dots (1') \quad \tau_{z \max} = \frac{M_x t_{y \max}}{R} \dots (2')$$

$\tau_{y \max}$ y $\tau_{z \max}$ son los máximos valores del esfuerzo cortante en las direcciones "y" y "z", debido a un momento de torsión. Existe la posibilidad de que el esfuerzo máximo de toda la sección actúe en una dirección diferente a "y" ó a "z", en cuyo caso se deberá tomar en cuenta.

Para el cálculo de R consultar en el anexo 1.

-Secciones abiertas de pared delgada.



$\tau_{\max S}$ = Máximo esfuerzo cortante que actúa en el punto "S".

M_x = Momento de torsión.

$[A]$ = Área encerrada por la línea media de la sección.

t_s = Espesor de la sección en el punto "S".

El máximo valor τ_{max} ocurre en el punto de espesor mínimo.

Aplicando en "y" y "z".

$$y_{max} = \frac{I_x}{2[A]t_{z\ min}} \dots\dots (1'')$$

$$z_{max} = \frac{I_x}{2[A]t_{y\ min}} \dots\dots (2'')$$

Con el fin de generalizar el cálculo del esfuerzo cortante - debido a torsión en secciones abiertas y cerradas se usará la siguiente fórmula general.

$$\tau_{max} = \frac{M_x t_{max}}{RC}$$

para secciones abiertas $C = 1.0$

para secciones cerradas hacemos la siguiente igualación.

$$\frac{M_x t_{max}}{RC} = \frac{M_x}{2[A]t_{mín}}$$

de donde

$$RC = 2[A]t_{mín} t_{max}.$$

aplicando lo anterior a los ejes "y" o "z" tenemos:

$$y_{max} = \frac{M_x t_{z\ max}}{RC_y} \dots\dots (1''')$$

$$z_{max} = \frac{M_x t_{y\ max}}{RC_z} \dots\dots (2''')$$

para secciones abiertas $C_y = C_z = 1.0$

para secciones cerradas $RC_y = 2[A]t_{z\ mín} t_{z\ max}$

$RC_z = 2[A]t_{y\ mín} t_{y\ max}$

Valores del producto RC para diferentes secciones cerradas - se pueden encontrar en el anexo 1.

Para secciones cerradas con una o mas paredes intermedias, - las fórmulas citadas no son estrictamente válidas, sin embargo si la pared intermedia constituye un plano de simetría de la sección, esta pared puede despreciarse y las fórmulas citadas pueden utilizarse.

Secciones sólidas llenas.

El esfuerzo cortante debido a torsión en secciones sólidas - no se puede obtener con la fórmula general descrita anteriormente.

Para obtener dicho esfuerzo se deberán ver las fórmulas que aparecen en la Tabla 20 de la referencia 11.2.

iii) Esfuerzos cortantes totales.

$F_v = f_v \max + \tau \max$
 debido a fuerza cor- debido a momento torsionante
 tante.

$$F_v = \begin{matrix} \underbrace{1, 6, 2} \\ \left. \begin{matrix} f_{vy} \max + \tau_y \max \\ f_{vz} \max + \tau_z \max \end{matrix} \right\} = \begin{matrix} \underbrace{1', 1'', 1''', 6, 2', 2'', 2'''} \\ \left. \begin{matrix} \frac{\alpha_y F_v + M_x t_z \max}{A_x} \\ \frac{\alpha_z F_z + M_x t_v \max}{A_x} \end{matrix} \right\} \text{el mayor} \end{matrix}$$

Los esfuerzos máximos debidos a cortante y a torsión, pueden no presentarse en el mismo punto de la sección, en cuyo caso las fórmulas citadas son conservadoras.

a.2) ESFUERZOS PERMISIBLES.

a.2.1.) Esfuerzo axial de compresión. Ref. 1.2. Sect. III
 XVII - 2213

$$\text{Para } \frac{KL}{r} < C_c \implies F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{2(KL/r)}{5 C_c} - \frac{(KL/r)^3}{5 C_c^3}} \dots \dots \dots (3)$$

Donde, C_c es la relación de esbeltez que separa el pandeo - elástico del inelástico y está dado por:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{\sigma_y}} \dots \dots \dots (1)$$

Con los datos de diseño que vienen en la primera parte de este inciso (a) y sustituyendo en (4)

$$C_c = 131.5$$

Para el caso mas crítico $\frac{KL}{r} = C_c = 131.5$; sustituyendo C_c y F_y en (3)

$$F_a \leq 1100 - 0.032 \left(\frac{KL}{r} \right)^2 \text{ para } \frac{KL}{r} < 131.5 \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Si } \frac{KL}{r} > C_c ; \quad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23 \left(\frac{KL}{r} \right)^2}$$

realizando:

$$F_a = \left(\frac{3100}{KL/r} \right)^2 \dots\dots\dots (6)$$

a.2.2.) Esfuerzo de flexión Ref. 1.2. Sect. III - XVII - 2214

En secciones I.

$$F_b = 0.60 F_y \quad \text{si } \frac{L}{r_t} \leq \sqrt{\frac{102 \times 10^3 C_b}{F_y}}$$

r_t = Radio de giro del patín de compresión mas $\frac{1}{6}$ parte - del alma al rededor del eje centroidal de la sección paralelo al alma.

C_b = Ley de variación del momento flexionante a lo largo - del miembro. (ASME III, XVII - 2214.6)

Sustituyendo F_y y tomando $C_b = 1$ conservadoramente, - tenemos:

$$F_b \leq 1250 \quad \text{para } \frac{L}{r_t} \leq 58$$

Según ASME XVII - 2214.4 en secciones cajón, tubulares, cuadrados;

$$F_b = 0.60 F_y \quad \text{Si } \frac{L}{b} \leq \frac{2500}{F_y} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$F_b \doteq 1250 \quad \text{Si } \frac{L}{b} \leq 81$$

Se aceptará por lo tanto:

$$F_b = 1250 \text{ Kg/cm}^2$$

Válida para secciones cerradas en que L/b sea menor que 81 o para abiertas con L/r_t menor que 58.

Para secciones I en que

$$\sqrt{\frac{102 \times 10^3 C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_t} \leq \sqrt{\frac{510 \times 10^3 C_b}{F_y}}$$

$$\text{o sea } 58 \leq L/r_t \leq 128 \quad \text{para } C_b = 1$$

Se utilizará según ASME.

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (L/r_t)^2}{1530 \times 10^3 C_b} \right] F_y \quad \dots\dots\dots (8)$$

Para relaciones de L/r_t 128

$$F_b = \frac{170 \times 10^3 C_b}{(L/r_t)^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

En las ecuaciones (8) y (9), F_y y F_b están dados en ksi

Para el cálculo de esfuerzos permisibles de flexión en canales se utilizará la siguiente fórmula:

$$F_b = \frac{12 \times 10^3 C_b}{L_d/A\bar{r}} \quad \text{consultar ASME - 221.5} \quad \dots (10)$$

a.2.3.) Esfuerzo cortante.

Según ASME III Apéndice XVII - 2212

$$F_v = 0.4 F_y \dots \dots \dots (11)$$

$$F_v = 860 \text{ Kg/cm}^2$$

a.2.4) Esfuerzos combinados.

Para todo elemento que presente esfuerzos combinados de flexión y compresión axial, se deberá cumplir:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0 \quad \text{Si } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$$

para $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$, utilizar las ecuaciones de interacción ASME III. Ap. XVII - 2215.

Nota.- Los formatos donde se tabulan las propiedades del elemento estructural y su sección, así como la determinación de esfuerzos actuantes y la comparación con sus respectivos esfuerzos permisibles, se presentan en el anexo II.

a.3.) Revisión de anclas.

Para la revisión de los anclajes de placas se manejarán - los siguientes parámetros:

F_x, F_y, F_z : Fuerzas externas aplicadas sobre la placa (axial y cortantes respectivamente) referidos al centro de gravedad de las anclas. (kg)

M_x, M_y, M_z : Momentos externos aplicados sobre la placa (torsionante y flexionante respectivamente) referidos al centro de gravedad de las anclas (Kg-cm).

y_i, z_i : Distancias de ejes de anclas a su eje centroidal paralelo. (cm)

F_t : Fuerza de tensión que toma cada ancla. (Kg/ancla)

F_v : Fuerza cortante que toma cada ancla. (Kg/ancla)

N_a : Número total de anclas. (anclas)

I_y, I_z : Momentos de inercia del grupo de anclas alrededor de "y" y "z" considerando áreas puntuales. (cm²)

a.3.1.) Alcance y consideraciones del método.

Con este método se podrán revisar los anclajes de placas base metálicas sin importar el número de anclas ni la distribución que estas tengan con respecto a sus ejes centroidales.

Las distancias y_i, z_i , se deberán tomar como las distancias de los ejes de anclas al eje centroidal de ANCLAS paralelo; lo cual implica la determinación de los ejes centroidales del grupo de anclas.

La aplicación directa del método considera que las anclas tienen las mismas dimensiones.

El método considera que al aplicarse un momento flexionante a la placa, las anclas toman fuerzas de tensión y compresión dependiendo de su posición respecto al eje neutro alrededor del cual se aplica el momento.

La fuerza axial producirá siempre una fuerza de tensión - uniforme a todas las anclas ya que ésta es la condición mas des-

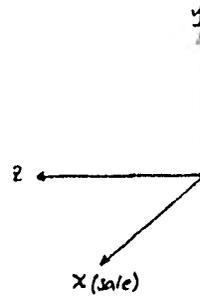
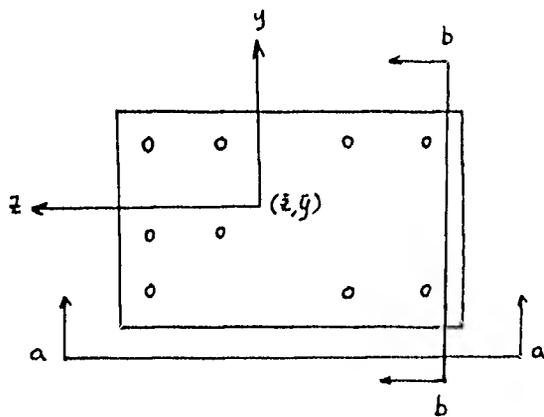
favorable.

Para que las fuerzas de tensión y cortante se distribuyan uniformemente a todas las anclas, todas las fuerzas y momentos externos se deberán transportar al centroide de las anclas.

a.3.2) Modelos matemáticos:

a.3.2.1) Fuerzas de tensión:

Supongamos una placa



Se calculan los ejes centroidales de las anclas.

$$\bar{z} = \frac{M_{ey}}{N_a}$$

$$\bar{y} = \frac{M_{ez}}{N_a}$$

donde:

\bar{z}, \bar{y} = distancias de ejes centroidales respecto al eje de referencia al rededor del cual se calculó el momento estático.

$$M_{e_i} = \sum_j d_j$$

Momento estático de las anclas al rededor del eje i.

Nota: El área de las anclas se considera unitaria.

Para una fuerza axial a las anclas (F_x) aplicada en el centroide de las anclas; la fuerza de tensión en cada ancla es igual a:

$$F_t = \frac{F_x}{N_a} \dots \dots \dots (1)$$

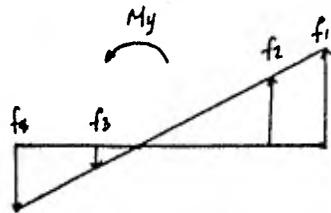
Las fuerzas de tensión provocadas por momentos flexionantes

se analizarán de la siguiente forma:

Supongamos un momento alrededor de "y".

La distribución de esfuerzos en la sección a-a es la siguiente:

$$f_1 d_1 N_1 + f_2 d_2 N_2 + f_3 d_3 N_3 + f_4 d_4 N_4 = My \quad (a)$$



$$\frac{f_1}{d_1} = \frac{f_2}{d_2} = \frac{f_3}{d_3} = \frac{f_4}{d_4} \quad (b)$$

Nota: $\lambda = 1$

Sustituyendo (b) en (a)

$$f_1 d_1 N_1 + \frac{f_1 d_2^2 N_2}{d_1} + \frac{f_1 d_3^2 N_3}{d_1} + \frac{f_1 d_4^2 N_4}{d_1} = My$$

$$\frac{f_1}{d_1} \left[d_1^2 N_1 + d_2^2 N_2 + d_3^2 N_3 + d_4^2 N_4 \right] = My$$

$$f_1 = \frac{My d_1}{d_1^2 N_1 + d_2^2 N_2 + d_3^2 N_3 + d_4^2 N_4}$$

Generalizando:

$$F_1 = \frac{My d \text{ max.}}{\sum_1^n d_i^2 N_i}$$

Si lo ponemos en la forma $\frac{F}{\text{ancla}} = \frac{Md}{I} \rightarrow \frac{Md}{I} = \frac{Md}{\sum_1^n d_i^2 N_i}$

∴ Tenemos que;

$$I = \sum_i^n N_i d_i^2 \quad [\text{cm}^2]$$

Para obtener momentos de inercia al rededor de ejes centroidales

$$I_y = \sum_i^n N_i Z_i^2 \qquad I_z = \sum_i^n N_i Y_i^2$$

$$F_t \text{ (flexión)} = \frac{My \cdot Z \text{ máx.}}{\sum_i^n N_{iy} Z_i^2} + \frac{Mz \cdot Y \text{ máx.}}{\sum_i^n N_{iz} Y_i^2} \dots\dots (2)$$

Donde: N_i es el número de anclas en el eje.

Z_i, Y_i = Distancia del eje de anclas a su eje centroidal.

Haciendo (1) + (2)

$$F_t = \frac{Fx}{Na} + \frac{My \cdot Z \text{ máx.}}{\sum_i^n N_{iy} Z_i^2} + \frac{Mz \cdot Y \text{ máx.}}{\sum_i^n N_{iz} Y_i^2}$$

a.3.2.2.) Fuerzas cortantes:

Cortantes directos:

Cortante en y :

$$F_{vy} = \frac{Fy}{Na} \dots\dots\dots (3)$$

Cortante en z :

$$F_{vz} = \frac{Fz}{Na} \dots\dots\dots (4)$$

Cortantes por torsión:

El cortante por torsión ocasionará componentes ortogona

les en "y" y en "z", los cuales se encontrarán mediante el mismo procedimiento que F_t por flexión obteniendo para el caso:

$$J_x = I_z + I_y$$

$$F_{vxy} = \frac{M_x Z_{\text{máx.}}}{J_x} \dots\dots (3') \quad F_{vzx} = \frac{M_x Y_{\text{máx.}}}{J_x} \dots\dots(4')$$

componente en y.

componente en z.

Haciendo la suma vectorial de ((3) + (3') + (4) + (4'))

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{F_y}{N_a} + \frac{M_x Z_{\text{max}}}{J_x} \right)^2 + \left(\frac{F_z}{N_a} + \frac{M_x Y_{\text{max}}}{J_x} \right)^2}$$

a.4.) Placas base.

Las placas base se revisarán conservadoramente con el criterio siguiente.

- Las que flexionan a la placa para su condición mas desfavorable son las fuerzas de tensión de las anclas.

- Se checará la flexión de la placa en el sentido mas desfavorable.

De esta forma el esfuerzo de flexión en la placa queda:

$$f_b = \frac{6 F_t D_{\text{máx.}}}{B t^2}$$

Donde:

F_t = Fuerza de tensión máxima en las anclas.

B = Dimensión menor de la placa.

t = Espesor de la placa.

D_{max} = Máxima separación de anclas consecutivas.

$$\frac{bt^2}{6} = \text{Módulo de sección de la placa.}$$

Los esfuerzos permisibles a flexión de la placa se obtendrán conforme al párrafo a.2.2., según las referencias 1.3 y 1.2

Para el caso en que el método de revisión de placas resulte demasiado conservador se procederá de acuerdo a la Referencia II.1.

Nota: El formato que contiene las fórmulas obtenidas en a.3 y a.4 para revisión de anclas y placas se encuentra en el anexo F.

b) REVISION DE SOLDADURAS.

En el análisis y revisión de soldaduras se utilizarán los siguientes parámetros:

F_x, F_y, F_z = Fuerzas actuantes sobre las soldaduras (Kg)

M_x, M_y, M_z = Momentos actuantes sobre las soldaduras (Kg-cm)

t plano = Espesor de soldadura especificada en el plano (cm)

L_w = Longitud total de la soldadura (cm)

S_z = Módulo de sección de la soldadura alrededor del eje local z (cm^2)

S_y = Módulo de sección de la soldadura alrededor del eje local y (cm^2)

J_x = Momento polar de inercia de la soldadura (cm^3)

C_y, C_z = Distancia de ejes centroidales de soldadura a la fibra mas alejada en "y" y en "z". (cm)

b = Ancho de la soldadura (cm)

d = Largo de la soldadura (cm)

- ft = Fuerza de tensión actuando en la soldadura, de bida a carga axial y Momentos flexionantes. (Kg/cm)
- fv = Fuerza cortante total que actúa en la soldadura debido a cortante directo y torsión (Kg/cm)
- Ftot = Fuerza total actuante en la soldadura (Kg/cm)
- ts = Espesor de soldadura calculado (cm)
- tmfn = Espesor mínimo por norma (cm)

b.1.) Alcance.

Las fórmulas que se presentan en este inciso son aplicables a cualquier soldadura plana sometida a cualquier combinación de fuerza axial, cortante momentos flexionantes y de torsión.

b. 2.) Fórmulas y modelos matemáticos.

En este método de revisión de soldaduras, el cordón de soldadura será visualizado como una línea, de tal manera que el área de soldadura en un análisis convencional, se convierte ahora en la longitud de soldadura (Lw).

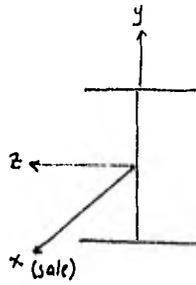
En lugar de tratar de determinar un esfuerzo en la soldadura, (esto no se puede hacer a menos que se conozca la dimensión de ésta) el problema se hace mucho más simple al tratar de determinar la fuerza actuante en la soldadura por unidad de longitud de la misma.

Siguiendo estas consideraciones la fuerza en la soldadura será obtenida en términos de fuerza/longitud.

Fórmulas Básicas de Obtención de Fuerzas en Soldaduras Tratadas con Línea.

Tensión o Compresión $f_{t_1} = \frac{Fx}{Lw} \dots\dots (1)$

Flexión $f_{t_2} = \frac{My}{Sy} + \frac{Mz}{Sz} \dots\dots(2)$



Cortante

$$f_{v1} = \sqrt{\left(\frac{F_y}{L_w}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{L_w}\right)^2} \dots\dots (3)$$

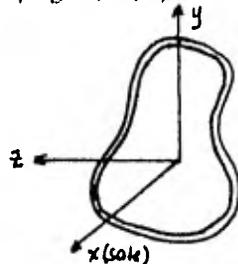
Torsión

$$f_{v2} = \sqrt{\left(\frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2} \dots\dots (4)$$

Una soldadura puede estar sujeta a una, varias o todas las sollicitaciones anteriores al mismo tiempo.

Generalizando, obtendremos la fuerza normal total y el cortante total, sumándolas vectorialmente para encontrar la fuerza total actuando.

Nota: Las propiedades S_y , S_z , J_x se pueden encontrar en la tabla 5. pág. 7.4-7 de la Referencia II.1.



Suponiendo que la soldadura esté sujeta a $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$.

$$\text{Sumando (1) y (2)} \quad f_t = \frac{F_x}{L_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} \dots\dots (A)$$

utilizando los términos correspondientes de (3) y (4)

$$f_{vz} = \frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x} \dots\dots (B')$$

$$f_{vy} = \frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x} \dots\dots (B'')$$

sumando vectorialmente (B') y (B'') obtenemos el cortante - total

$$f_y = \sqrt{\left(\frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2} \dots\dots (B)$$

Sumando vectorialmente (A) y (B) se tendrá la fuerza total actuando sobre la soldadura.

$$F_{tot.} = \sqrt{f_t^2 + f_y^2} \quad (\text{Kg/cm})$$

$$t = \frac{F_{total}}{\text{Esfuerzo Permisible}}$$

$$\text{Esfzo. Permisible} = 9600 \text{ Lb/in}^2 \doteq 677 \text{ kg/cm}^2 \begin{cases} \text{Soldadura} \\ \text{E - 60} \\ \text{E - 70} \\ \text{SAW - 1} \end{cases}$$

Tabla 7

7.4 - 8 Blodgett

(Ref. 11.1)

c) PIEZAS DE CATALOGO.

Las componentes de catálogo se revisarán con la información obtenida a través de los propios catálogos de fabricantes.

Se deberán cubrir en todo componente las condiciones normal alterada y de emergencia comparando las cargas así definidas - en el listado de computadora (condición 720,730 y 740) contra las permisibles especificadas en el catálogo.

De la misma forma se deberá verificar que las deflexiones - axiales y laterales en las piezas en que estas se apliquen - - sean menores a las especificadas por el fabricante.

Se deberán tomar en cuenta los desplazamientos y giros de - los componentes de catálogo para obtener el desplazamiento total de la tubería, y de esta forma tener un valor mas aproximado de la rigidez del soporte en el punto de la tubería.

En el anexo 2 se tiene un pequeño extracto de diferentes catálogos de fabricantes en donde podemos apreciar la forma en - que se obtiene la información sobre estas partes.

d) RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL.

La rigidez y frecuencia deberán ser reportados para cada soporte, y deberán ser comparadas contra la rigidez requerida y la frecuencia mínima de 33 Hertz.

Estos parámetros obedecen a las suposiciones de rigidez hechas durante el análisis de flexibilidad de la tubería, en el cual la restricción de cada soporte fue idealizada como un resorte con una "k" determinada.

d.1) Cálculo de rigideces.

Para el cálculo de rigidez se pueden seguir varios métodos; si el soporte fue calculado manualmente, o sea que es isostático, se calculará el desplazamiento de la tubería debido a una fuerza aplicada en ella y en la dirección de la restricción. En el cálculo de este desplazamiento se deberá tomar en cuenta la acción de la fuerza aplicada sobre cada uno de los elementos, ya que para el desplazamiento final se deberán tomar en cuenta desplazamientos de giro por flexión y torsión así como deformaciones axiales de las piezas.

Para soportes hiperestáticos la forma mas sencilla de obtener el valor de su rigidez consiste en seleccionar un caso de carga en la corrida de computadora en el cual se aplique una fuerza en la dirección deseada actuando independientemente y dividirla en el desplazamiento que esta ocasiona el cual es reportado en el "out put" de la corrida.

La rigidez en un soporte deberá calcularse en el punto de unión de la tubería con el soporte y en las direcciones restringidas por el mismo.

Para los soportes en que el valor de la rigidez se obtenga manualmente se deberá tener especial cuidado en la estructuración que presente; a continuación se dan las fórmulas para obtener rigideces de elementos conectados en serie y en paralelo.

Serie

$$KT = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}}$$

Paralelo

$$KT = \sum_{i=1}^n k_i \quad K_i = \frac{P}{\Delta_i}$$

Donde K_T = Valor de la rigidez del soporte.

K_i = Valor de la rigidez de cada elemento del soporte.

P = Fuerza aplicada en el punto y la dirección deseada.

Δ_i = Desplazamiento en el elemento i provocado por P .

Se deberá entender por elementos conectados en serie aquellos en que la tubería está soportada directamente por un elemento que a su vez está soportado en otro, ambos elementos se dice que están conectados en serie.

Se dice que dos o más elementos están conectados en paralelo cuando dichos elementos soportan directamente a la tubería independientemente.

Para el caso en que el soporte contenga dos o más líneas de tuberías, se checará únicamente que la relación P/Δ_i en el punto de cada tubería y en cada dirección restringida sea mayor o igual de la que se especifica en la tabla IV.1 "Rigideces Requeridas", obtenida de la Ref. III.1

El 95% de los soportes ya sean isostáticos o hiperestáticos se pueden idealizar como sistemas de un grado de libertad para el propósito de cálculo de rigidez y frecuencia motivo por el cual se aceptan las fórmulas simplificadas dadas con anterioridad.

d.2) Cálculo de frecuencia natural.

Aparte de los requisitos de rigidez de cada soporte, la frecuencia natural de vibración deberá ser mayor de 33 Hertz.

Las razones por las cuales la frecuencia deberá ser mayor de 33 Hertz son dos.

- 1.- La frecuencia natural del modo fundamental de vibración del reactor es de 33 Hertz, debido a lo cual se presenta peligro de entrar en resonancia el soporte al tener un valor similar de frecuencia.
- 2.- Los espectros de aceleraciones obtenidos experimentalmen

te en el lugar de la obra marcan dos picos de aceleraciones respecto a la frecuencia a los 3 y a los 18 Hertz, como se puede apreciar en la gráfica de la figura IV.1

Para el cálculo de la frecuencia natural de vibración, la mayoría de los soportes se idealizarán como sistemas vibratorios de un grado de libertad, concentrando conservadoramente la masa del tubo y el soporte en la tubería.

Para sistemas de este tipo tenemos:

$$f = \frac{w}{2\pi} \dots\dots(1)$$

$$w = \sqrt{\frac{K}{m}} \dots\dots(2)$$

do nde:

f = Frecuencia natural de vibración. [Hertz]

w = Frecuencia circular de vibración [rad/seg]

K = Rigidez del soporte [Kg/cm]

m = Masa concentrada en el soporte $\left[\frac{\text{Kg seg}^2}{\text{cm}} \right]$

La fórmula (2) la podemos escribir en términos que hemos obtenido ya del análisis estructural y de los datos de dibujo:

$$k = \frac{F}{\Delta} \quad ; \quad m = \frac{W}{g}$$

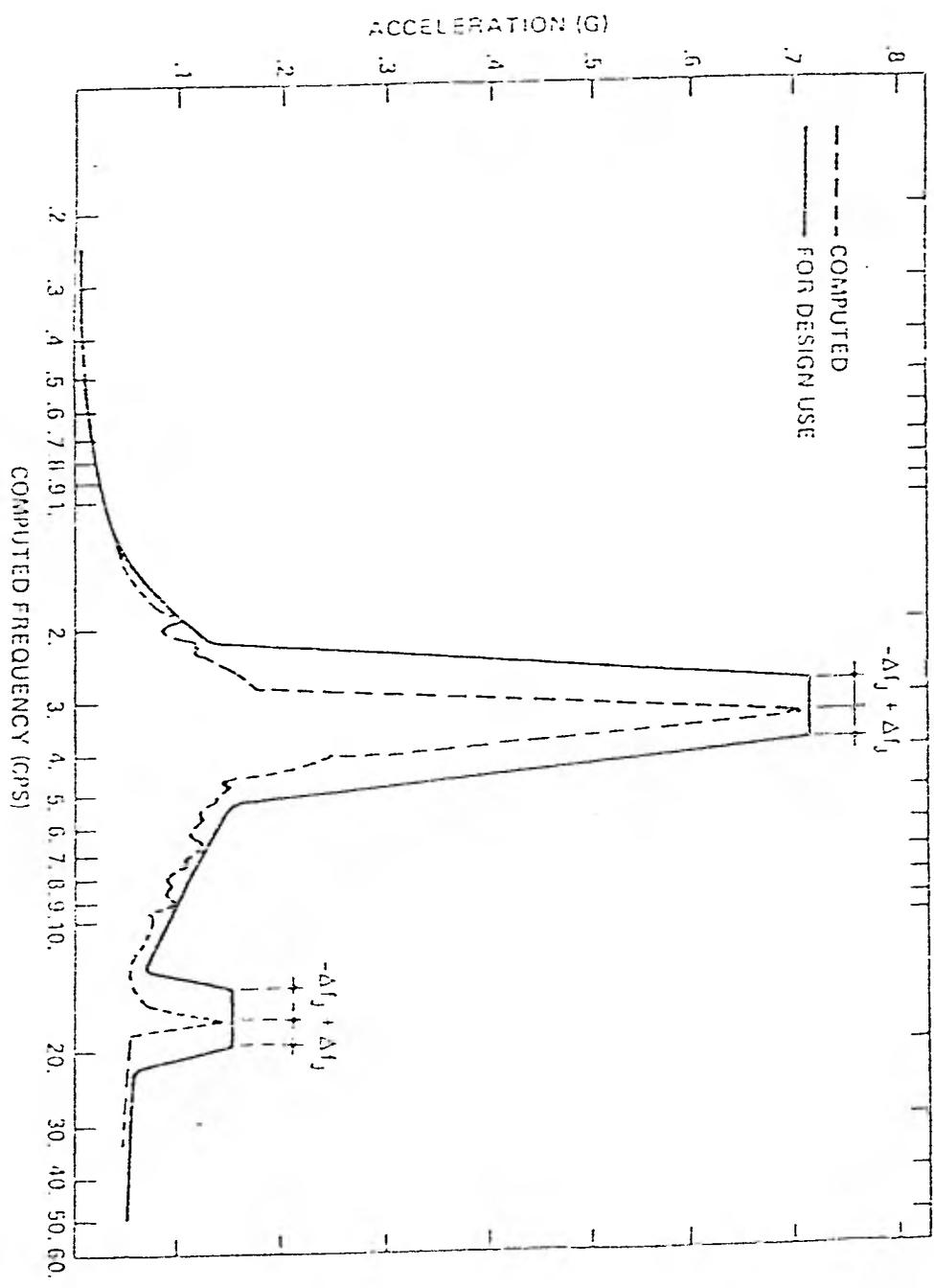
aplicando en (2)

$$w = \sqrt{\frac{F/\Delta}{W/g}} = \sqrt{\frac{Fg}{W}} \dots\dots(3)$$

Definiendo un parámetro Dw

$$Dw = \frac{W}{F}$$

FIG. IV. 1.
ESPECTRO DE DISEÑO P.N.L.V.



La fórmula (3) nos queda:

$$w = \sqrt{\frac{g}{Dw}} \dots\dots\dots (4)$$

Sustituyendo (4) en (1).

$$f = \frac{\sqrt{\frac{g}{Dw}}}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} = \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{Dw}}$$

Como $g = 981 \text{ cm/seg}^2$

$$f = \frac{4.98}{\sqrt{Dw}} = \frac{5}{\sqrt{Dw}}$$

$$f = \frac{5}{\sqrt{Dw}}$$

El formato que contiene estas fórmulas para sistemas de un grado de libertad o para sistemas así idealizados justificadamente se encuentra en el anexo G.

Para sistemas vibratorios más complicados, se utilizarán el mismo programa de computadora utilizado en el análisis estructural, solo que ahora en versión dinámica.

El programa obtiene cuantos modos de vibración se le pidan reportando las frecuencias desde la más pequeña sin importar la dirección.

Esto último presenta el problema de que la máquina puede - en un momento dado, calcular la frecuencia en una dirección no restringida por el soporte lo cual en algunos casos podría traducirse en frecuencias menores de las requeridas; este problema se remedia restringiendo en la codificación: desplazamientos en la dirección no restringida, giros alrededor de ambos ejes ortogonales al dado por la dirección no restringida.

El cálculo de las frecuencias por medio de la computadora,

nos proporciona mayor exactitud, ya que acepta densidad de masa de los elementos estructurales así como diferentes distribuciones de masas concentradas, por lo cual es recomendable usarlo para este fin con preferencia sobre los cálculos manuales aproximados.

La codificación para el análisis dinámico es básicamente la misma, únicamente hay que cambiar las siguientes tarjetas.

- 1.- La tarjeta de control que indica el tipo de análisis --- (dinámico).
- 2.- Restricciones en los nudos correspondientes en caso de tener una dirección no restringida.
- 3.- Tarjetas de condiciones de distribución de masas por condiciones de carga.

Se deberá tener especial cuidado, para el reporte de frecuencias al considerar cuando un soporte tenga mas de una línea soportando o cuando un soporte comparta puntos de descarga con otro, lo cual indicará que están conectados de alguna forma, y el análisis dinámico se deberá hacer sobre el conjunto (soportes interaccionados).

CAPITULO V

ENTREGA DE INFORMACION Y CONCLUSIONES.

El siguiente paso a realizar, una vez llevado a cabo todo el análisis y la revisión, es la de efectuar el reporte con la información que el grupo Mark II - C.F.E. precisa para hacer trabajos posteriores.

El conjunto de cálculos realizados, por el hecho de estar involucrados en la seguridad de la planta y por ser una entrada de datos ("in put data") para cálculos posteriores, está considerado como un registro de calidad. (ANSI.N45.2.9.)

Como se dijo en capítulos anteriores existe para toda empresa que realice trabajos en la industria nuclear un departamento llamado "Garantía de calidad", este departamento es el responsable de que los trabajos se realicen de acuerdo a las normas estándares especificadas.

Para todo trabajo que se genere, antes de recibir la aprobación final por parte del contratista, deberá verificarse de tal forma que se vuelvan a realizar todas las operaciones, lo cual equivale a que se vuelva a hacer el cálculo. Una vez realizada esta verificación, el soporte pasa a aprobación y de ahí se remite al grupo Mark II - C.F.E., para ser utilizado posteriormente, y debe venir acompañado, aparte de la información de entrada para la revisión, los propios cálculos y dibujos; de la siguiente información:

- 1.- Descargas del soporte sobre la estructura principal.
- 2.- Reporte final de la evaluación del soporte.

Los formatos en que se reportan estos dos puntos constituyen los anexos L y M respectivamente.

a) DESCARGA SOBRE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.

Como resultado del análisis estructural, se deberán reportar las descargas de cada uno de los apoyos para la evaluación local de la estructura principal, ya sean los muros del contenedor, o del edificio del reactor, las losas de concreto o columnas y traveses metálicas.

Para el reporte de las descargas, se deberán dar las máximas aunque provengan de diferentes condiciones de carga, aclarando para cada caso si fue o no tomado en cuenta el peso propio.

Para evitar errores y facilitar el proceso de la revisión del cálculo, para cada condición de carga se deberá verificar el equilibrio, si el análisis se hizo por medio de computadora, se deberá verificar el equilibrio para una condición de carga, para poder detectar posibles errores en la entrada de datos.

Para el caso en que se tengan piezas soldadas directamente a la tubería, las fuerzas y momentos que se puedan generar en esa frontera; deberán ser reportados dentro del texto del cálculo.

b) REPORTE FINAL DE LA EVALUACION DEL SOPORTE.

En este reporte se deberá consignar la información fundamental obtenida a través de la evaluación del soporte. Se deberá incluir dentro de este formato, la siguiente información:

- 1.- Adecuación del soporte bajo las nuevas cargas.
- 2.- Frecuencia natural del modo fundamental de vibración.
- 3.- La hoja del cálculo en que se reportan las descargas del soporte.
- 4.- Comentarios.

b.1) Adecuación del soporte bajo las nuevas cargas:

Un soporte se calificará como adecuado si cumple todos los requisitos de estructuración, diseño, rigidez y frecuencia que fueron descritos en capítulos anteriores.

La información sobre la adecuación del soporte deberá ser concreta y tendrá que ser sostenida y documentada con los cálculos.

los realizados.

Cualquier requisito que no se llegara a cumplir será razón para considerar el soporte como no adecuado bajo las cargas nuevas y de esta forma reportarlo para que el grupo Mark II - C.F.E realice los cambios que considere pertinentes.

Existen varias causas por las cuales un soporte puede resultar no adecuado y a continuación se enumeran.

- 1.- Inestabilidad en las condiciones de apoyo.
- 2.- Elementos estructurales sobre esforzados.
- 3.- Piezas de catálogo fuera del rango de cargas permisibles.
- 4.- Rigidez menor que la permisible.
- 5.- Frecuencia menor de 33 Hertz.

Cualquiera de las causas arriba mencionadas que se llegasen a presentar serán razón suficiente para que el soporte sea calificado como inadecuado.

Si durante la evaluación del soporte, se presenta alguna de las cinco situaciones ya citadas se comentará en el cálculo, pero se continuará la evaluación del soporte hasta el final, aún cuando la conclusión final sea como soporte no adecuado.

b.2) Frecuencia natural de vibración.

Dentro de este soporte final, se deberá incluir el valor de la frecuencia del modo fundamental de vibración, la cual deberá ser mayor de 33 Hertz para el caso en que el soporte resulte adecuado.

b.3) Descarga sobre la estructura principal.

Se deberá indicar claramente la página de la memoria de cálculo en la cual se consignan las descargas sobre la estructura existente, donde se indica la naturaleza de las descargas (condición de carga, envolventes, etc.).

b.4) Comentarios.

Aparte de todas las notas que se deben incluir a lo largo del desarrollo del cálculo, incluyendo criterios de, diseño, --

idealizaciones, simplificaciones, etc. al final del cálculo se deberán hacer comentarios relevantes que afecten al soporte.

Dentro de estos comentarios finales se deberán incluir necesariamente los siguientes:

- 1.- Cálculos especiales empleados no estandarizados.
- 2.- Referencias.
- 3.- Elementos sobre esforzados en caso de ser causa de no **adecuac**idad.
- 4.- Interacción del soporte con otras líneas o con otros soportes.
- 5.- Falta de información.
- 6.- Supuestos de diseño empleados y en que parte.

Con este último formato el cual constituye el anexo M se completa la información y se da por concluida la etapa de la evaluación del soporte por cargas nuevas.

Cualquier decisión con respecto a cambios o rediseño basados en la evaluación realizada correrá a cargo del grupo Mark II C.F.E. el cual decidirá la implantación de los cambios recomendados y enviará una nueva revisión del soporte para su evaluación.

REFERENCIAS

I. CODIGOS Y NORMAS.

- I.1 NUCLEAR REGULATION COMMISSION.
NUREG-0487 (1975).
- I.2. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
A.S.M.E. Section III "Nuclear Power Plant Components".
1980 Edition.
- I.3. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION.
"Manual of Steel Construction".
A.I.S.C. Eight edition, 1980.
- I.4. AMERICAN WELDING SOCIETY.
"Structural Welding Code" D1.1-81.
A.W.S. Fifth edition, 1981.

II. LIBROS.

- II.1. O.W. BLODGETT.
"Design of Welded Structures".
J.F. Lincoln Arc Welding Foundation. 1966.
- II.2. ROARK, R.J. & YOUNG, W.C.
"Formulas for Stress and Strain".
Mc Graw Hill Book Company, New York. Seventh Edition, 1978.
- II.3. TIMOSHENKO S.
"Resistencia de Materiales" Tomos I y II.
Espasa Calpe, Madrid, 1967.
- II.4. SINGER F.L.
"Resistencia de Materiales".
Harper & Row, 1971.

II.5. DE BUEN L. DE H., OSCAR.
"Estructuras de Acero".
Editorial LIMUSA, 1980.

II.6. BOWLES E, JOSEPH.
"Structural Steel Design".
Mc. Graw Hill Book Company, New York. 1960.

II.7. CLOUGH R. & RENZIEN J.
"Dynamics of Structures".
Mc Graw Hill Book Company, New York. 1975.

III. ESPECIFICACIONES.

III.1. COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.
Especificación M-19. "Steel Design".
C.F.E. 1978.

III.2. COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.
Especificación LC-20 "Expansion Drilled Anchors".
C.F.E. 1978.

-76-

ANEXOS A o M.

FORMATOS PARA LA REVISION DE
SOPORTES.



TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
CALCULO ____
REVISO ____
FECHA ____

HOJA DE PORTADA DEL CALCULO NO. _____

IDENTIFICACION _____

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS POR NUEVAS CARGAS

REV.	DESCRIPCION DE LA REVISION.	CALCULO FECHA	REVISÓ FECHA	APROBÓ FECHA	NOTAS:



TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
CALCULO _____
REVISO _____
FECHA _____

IDENTIFICACION # CALCULO _____

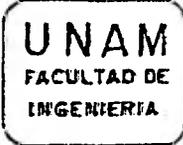
PUNTO DE SOPORTE _____

I N D I C E

1 .-	INDICE	Hoja _____
2 .-	LISTA DE VERIFICACION	Hoja _____
3 .-	CARGAS EN EL SOPORTE	Hoja _____
4 .-	MODELO Y ANALISIS ESTRUCTURAL	Hoja _____
5 .-	COMPONENTES DE CATALOGO	Hoja _____
6 .-	PROPIEDADES Y ACEPTACION ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DEL SOPORTE	Hoja _____
7 .-	ANALISIS DE SOLDADURAS	Hoja _____
8 .-	RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL	Hoja _____
9 .-	PLACAS BASE Y ANCLAJES	Hoja _____
10 .-	REACCIONES DEL SOPORTE EN LA ESTRUCTURA EXISTENTE	Hoja _____
11 .-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL SOPORTE	Hoja _____

A N E X O S

DIBUJO DEL SOPORTE _____



TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
CALCULO ____
REVISO ____
FECHA ____

LISTA DE VERIFICACION DE DATOS DE DISEÑO

IDENTIFICACION

CALCULO _____
PUNTO DE SOPORTE _____

DATOS GENERALES

SISTEMA _____
ISOMETRICO _____ REV. _____
LISTADO DE CARGAS. _____ DE PAG. _____ A _____

DIBUJO DE SOPORTE _____ REV. _____
FABRICANTE _____ LISTA DE MATERIALES _____
NUM. DE HOJAS DIBUJO _____
ESTADO DE REVISION DE DIBUJO _____
ESTADO DE REVISION DE FABRICACION _____

REVISION DE DIBUJO	REVISION DE FABRICACION
① Sin comentarios. Enviar dibujo al vendedor.	① PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
② Comentarios incluidos. Enviar dibujo al vendedor.	② PROCEDAN. Envíen reproducible adicional.
③ Dibujo no aplicable. Enviar dibujo al vendedor.	③ NO PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
④ Sin comentarios. No se envía dibujo al vendedor.	④ NO PROCEDAN. Envíen reproducible adicional
⑤ Solo para información.	

COMENTARIOS:



TESIS PROFESIONAL

REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.

FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
CALCULO _____
REVISO _____
FECHA _____

IDENTIFICACION _____

CARGAS ORIGINALES (dibujo)

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)		
	F _x	F _y	F _z	Δ _x	Δ _y	Δ _z

CARGAS DE EVALUACION (listado de computadora), PAGINAS

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)			FZA. FRIC- CION. (Kg)	
	F _x	F _y	F _z	Δ _x	Δ _y	Δ _z	F	F
NORMAL (Comb. 720)	1b	1b	1b	p	p	p		
ALTERADA (Comb. 730)	1b	1b	1b	p	p	p		
EMERGENCIA (Comb. 740)	1b	1b	1b	p	p	p		
EMERGENCIA* EQUIVALENTE								
CARGA DE EVALUACION								

* Comb. 740/1.33 ; NF-3231.1

SOPORTES DESLIZANTES. Carga por fricción en la dirección no restringida.

$$F_{\text{friccion}} = \mu \cdot \text{Carga Normal (Fx, Fy ó Fz)}$$

$$\mu = 0.40$$

Fuerza (1b) / 2.205 = Fuerza (Kg)

Desplazamiento (pulg) x 25.4 = Desp. (mm)

Fuerza (N) / 9.81 = Fuerza (Kg)

NOTAS: _____

UNAM
FACULTAD DE
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

Anexo E

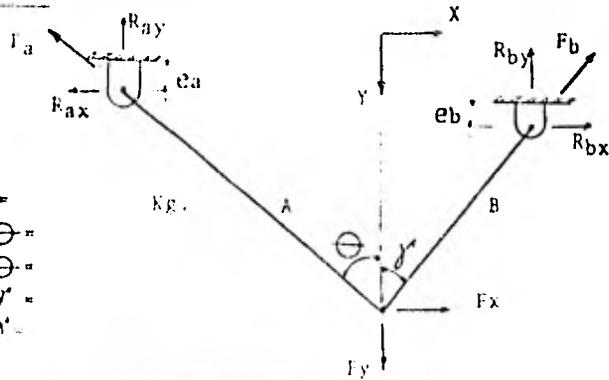
HOJA ____ DE ____
CALCULO _____
REVISO _____
FECHA _____

IDENTIFICACION _____

ELEMENTO _____

FUERZAS Y DEFLEXION
EN ARMADURAS

$F_x =$ Kg. $F_y =$
 $\ominus =$ $\text{Sen } \ominus =$
 $\gamma =$ $\text{Cos } \ominus =$
 $\ominus + \gamma =$ $\text{Sen } \gamma =$
 $\text{Sen } (\ominus + \gamma) =$ $\text{Cos } \gamma =$
 $L = 1.9 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$



		$F_{ax} = F_x \frac{\text{Cos } \gamma'}{\text{Sen}(\theta + \gamma')} \text{ (Tensión)}$				$F_{bx} = F_x \frac{\text{Cos } \theta}{\text{Sen}(\theta + \gamma')} \text{ (Compresión)}$	
FUERZA X	BARRA	F	L	A (AREA)	$\frac{FL}{AE}$	$\alpha = \frac{F}{F_x}$	$\frac{FL}{AE} \alpha$
	A						
	B						
SUMA $\Delta_x =$							
		$F_{ay} = F_y \frac{\text{Sen } \gamma'}{\text{Sen}(\theta + \gamma')} \text{ (Tensión)}$				$F_{by} = F_y \frac{\text{Sen } \theta}{\text{Sen}(\theta + \gamma')} \text{ (Tensión)}$	
FUERZA Y	BARRA	F	L	A (AREA)	$\frac{FL}{AE}$	$\beta = \frac{F}{F_y}$	$\frac{FL}{AE} \beta$
	A						
	B						
SUMA $\Delta_y =$							

$F_a = F_{ax} + F_{ay} =$ Kg.
 $F_b = F_{bx} + F_{by} =$ Kg.
 $R_{ax} = F_a \times \text{Sen } \ominus =$ x = Kg.
 $R_{ay} = F_a \times \text{Cos } \gamma =$ x = Kg.
 $R_{bx} = F_b \times \text{Sen } \gamma =$ x = Kg.
 $R_{by} = F_b \times \text{Cos } \theta =$ x = Kg.
 $M_a = R_a \times e_a =$ x = Kg-cm
 $M_b = R_b \times e_b =$ x = Kg-cm

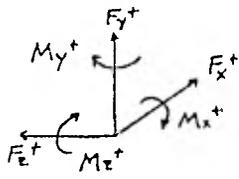


TESIS PROFESIONAL

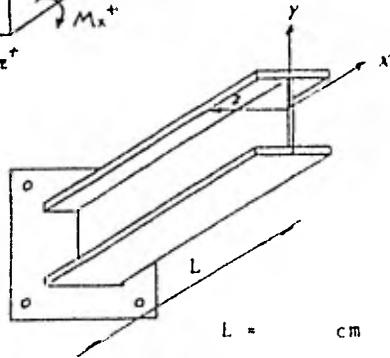
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
PDR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA: _____ DE _____
CALCULO _____
REVISO _____
FECHA _____

IDENTIFICACION _____ ELEMENTO _____



FUERZAS Y DEFLEXIONES DE VIGAS EN CANTILIVER



- Fx = _____ Kg.
- Fy = _____ Kg.
- Fz = _____ Kg.
- Mx = _____ Kg·cm
- My = _____ Kg·cm
- Mz = _____ Kg·cm
- E = 1,900,000 Kg/cm²
- Iy = _____ cm⁴
- Iz = _____ cm⁴
- Ax = _____ cm²
- G = 730,000 Kg/cm²
- αz = _____
- αy = _____

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO.

$\bar{M}_y = M_y + F_z L = \dots$ Kg·cm

$\bar{M}_z = M_z + F_y L = \dots$ Kg·cm

DEFLEXIONES

$\Delta x = \frac{F_x L}{A_x E} = \dots$ cm.

$\Delta y = \frac{F_y L^3}{3EI_z} + \frac{M_z L^2}{2EI_z} + \frac{\alpha_y F_y L}{A_x G} = \dots$ cm

$\Delta z = \frac{F_z L^3}{3EI_y} + \frac{M_y L^2}{2EI_y} + \frac{\alpha_z F_z L}{A_x G} = \dots$ cm



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
 CALCULO ____
 REVISO ____
 FECHA ____

IDENTIFICACION _____

COMPONENTES DE CATALOGO

FUERZAS ACTUANTES Y PERMISIBLES EN Kg.

Nº DE PARTE	COMPONENTE	CARGAS ACTUANTES		CARGAS PERMISIBLES	
		NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA	NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)

CARGAS ACTUANTES < CARGAS PERMISIBLES _____

NOTAS: _____

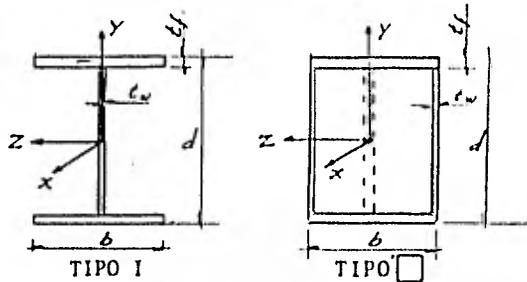


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
 CALCULO ____
 REVISO ____
 FECHA ____

IDENTIFICACION _____ ELEMENTO _____

PROPIEDADES DE LA SECCION



DATOS: d, b, t_f, t_w ; Perfil Tipo _____
 _____, _____, _____, _____ L = _____ cm.

$A_x =$	cm^2	$I_y =$	cm^4	$I_z =$	cm^4
$R =$	cm^4	$S_y =$	cm^3	$S_z =$	cm^3
$\alpha_y =$		$\alpha_z =$		$r_{\min} =$	cm
$K =$		$\frac{K L}{r_{\min}}$		$r_t =$	cm
$\frac{L}{r_t} =$		$\frac{L}{b} =$			

FUERZAS ACTUANTES

AXIAL	FLEXION Y CORTANTE	TORSION
$F_x =$ Kg;	$F_y =$ Kg ; $F_z =$ Kg.	$M_x =$ Kg-cm
	$M_y =$ Kg-cm ; $M_z =$ Kg-cm.	

ESFUERZOS ACTUANTES

AXIAL
 $f_a = \frac{F_x}{A_x} = \text{Kg/cm}^2$

FLEXION + TORSION
 $f_b = \frac{M_x B}{2 S_y} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \text{Kg/cm}^2$
 solo I_y [



TESIS PROFESIONAL

REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
CALCULO ____
REVISO ____
FECHA ____

IDENTIFICACION _____ ELEMENTO _____

CORTANTE

$$f_v = \left\{ \begin{array}{l} \frac{d_y F_y}{A_x} + \frac{M_x t_{zmax}}{R C_y} \\ \frac{\alpha_z F_z}{A_x} + \frac{M_y t_{ymax}}{R C_z} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \right\} = \text{----- Kg/cm}^2$$

Fórmulas de torsión no válidas para secciones sólidas llenas.

Valores de C_y y C_z para las secciones de pared delgada más usuales se encuentran en el anexo de la presente guía.

el mayor

ESFUERZOS PERMISIBLES		TEMPERATURA = _____ °C
AXIAL	$F_a = 1100 - 0,032 \left(\frac{KL}{r} \right)^2 =$	$\text{Kg/cm}^2 \quad \frac{KL}{r} \leq 131,5$
	$F_a = \left(\frac{3100}{KL/r} \right)^2 =$	$\text{Kg/mc}^2 \quad \frac{KL}{r} \geq 131,5$
FLEXION	$F_b = 1250 \text{ Kg/cm}^2$	Si $\begin{cases} I, L/r_t \leq 58 \\ \square, L/b \leq 81 \end{cases}$

Para Secc. con $L/r_t > 58$ y canales cumplir con ASME XVII-2214

CORTANTE $F_v = 0.4 \cdot S_y = 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPARACION CORTANTE

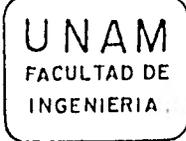
$f_v = \leq 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPRESION, FLEXION

Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b'}{F_b} = \text{-----} \leq 1.0$

Si $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ cumplir con: (ASME XVII-2215)

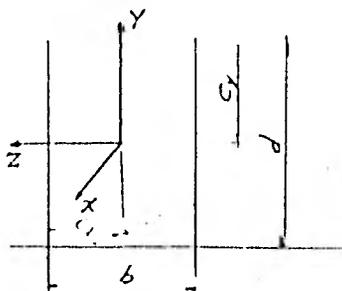


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
 CALCULO _____
 REVISO _____
 FECHA _____

IDENTIFICACION _____ ELEMENTO _____ A ELEMENTO _____

SOLDADURAS



Fx = _____ Kg.
 Fy = _____ Kg.
 Fz = _____ Kg.

t_{plano} = _____ cm
 L_w = _____ cm.
 S_z = _____ cm²
 S_y = _____ cm²
 J_x = _____ cm³
 C_y = _____ cm.
 C_z = _____ cm.
 b = _____ cm.
 d = _____ cm.
 Mx = _____ Kg-cm.
 My = _____ Kg-cm.
 Mz = _____ Kg-cm.

$$f_t = \frac{F_x}{L_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \dots + \dots + \dots = \dots \text{ Kg/cm}$$

$$f_v = \sqrt{\left(\frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2} = \dots = \dots \text{ Kg/cm}$$

$$F_{tot} = \sqrt{f_t^2 + f_v^2} = \sqrt{\left(\dots\right)^2 + \left(\dots\right)^2} = \dots \text{ Kg/cm}$$

DIMENSION DE SOLDADURA

Calculo $t_s = \frac{F_{tot}}{677} = \dots \text{ cm.}$ Norma $t_{min.} = \dots \text{ cm}$



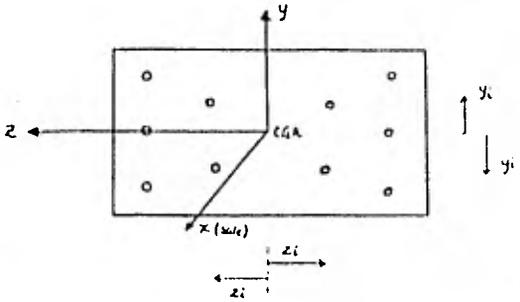
TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA _____ DE _____
CALCULO _____
REVISO _____
FECHA _____

IDENTIFICACION _____ ELEMENTO _____

Revisión de Anclas



$$I_z = \sum Ni y_i^2$$

$$I_z = \text{_____ cm}^2$$

$$I_y = \sum Ni z_i^2$$

$$I_y = \text{_____ cm}^2$$

$$J_x = I_y + I_z$$

$$J_x = \text{_____ cm}^2$$

- Fx = _____ kg *
- Fy = _____ kg *
- Fz = _____ kg *
- Mx = _____ kg-cm *
- My = _____ kg-cm *
- Mz = _____ kg-cm *

Ni = Número de anclas en el eje i

*Nota.- Las fuerzas y momentos deben estar referidas al centro de gravedad de las anclas.

Ø anclas = _____

	FUERZAS PERMISIBLES (CFE - LC-20)
}	FT = _____ kg/ancla
}	IV = _____ kg/ancla

$$F_t = \frac{F_x}{N_a} + \frac{M_y z_{max}}{I_y} + \frac{M_z y_{max}}{I_z}$$

$$F_t = \text{_____} + \text{_____} + \text{_____}$$

$$F_t = \text{_____ kg/ancla} \leq FT$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{F_y}{N_a} + \frac{M_x z_{max}}{J_x} \right)^2 + \left(\frac{F_z}{N_a} + \frac{M_x y_{max}}{J_x} \right)^2}$$

$$F_v = \sqrt{\left(\text{_____} + \text{_____} \right)^2 + \left(\text{_____} + \text{_____} \right)^2}$$

$$F_v = \text{_____ kg/ancla} \leq IV$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
 CALCULO ____
 REVISO ____
 FECHA ____

IDENTIFICACION _____

INTERACCION TENSION-CORTANTE (conservador)

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{\sqrt{f_{vy}^2 + f_{vz}^2}}{F_v} =$$

$$\frac{\sqrt{(\quad)^2 + (\quad)^2}}{\quad} =$$

$$\leq 1.0$$

PLACA (conservador)

$$f_b = \frac{6 f_t}{B t_{placa}} \left\{ \begin{matrix} D_y \\ \delta \\ D_z \end{matrix} \right\} =$$

el mayor

$$\leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
 CALCULO ____
 REVISO ____
 FECHA ____

IDENTIFICACION _____

RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL

CALCULO DE W

PESO DE TUBERIA (llena) Y AISLANTE = Kg.

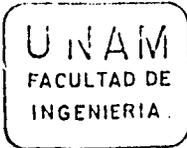
PESO DE ELEMENTOS UNIDOS A LA TUBERIA (VALVULAS, etc.) = Kg.

PESO DEL SOPORTE = Kg.

PESO DE MISCELANEOS (HERRAJES, etc) = Kg.

W = Kg.

ELEMENTO	EJE	F (Kg.)	Δ (cm)	K RIGIDEZ		$D_w = \frac{W}{F} \Delta$ (cm)	Tabla II 6 $f = \frac{5}{\sqrt{D_w}}$ (HERTZ)
				real = F/Δ (Kg/cm)	requerida (Kg/cm)		
	X						
	Y						
	Z						
	X						
	Y						
	Z						
	X						
	Y						
	Z						



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA ____ DE ____
 CALCULO ____
 REVISO ____
 FECHA ____

IDENTIFICACION _____

REACCIONES DEL SOPORTE EN

LA ESTRUCTURA EXISTENTE

PUNTO DE DESCARGA	F _x (Kg)	F _y (Kg)	F _z (Kg)	M _x (Kg-cm)	M _y (Kg-cm)	M _z (Kg-cm)	ELEMENTO QUE DESCARGA	HOJA

Las descargas del soporte son las máximas, sin importar la condición de carga.

La orientación de fuerzas y momentos es la del dibujo del soporte.

Las fuerzas y momentos indicados corresponden a la condición de carga _____, correspondiente a la comb. _____

Las reacciones _____ incluyen el peso propio del soporte.



TESIS PROFESIONAL	HOJA ____ DE ____
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS	CALCULO _____
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.	REVISO _____
FERNANDO NIETO CASTILLA	FECHA _____

IDENTIFICACION _____

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REVISION DEL
SOPORTE POR NUEVAS CARGAS.

El soporte _____ es adecuado para cumplir con el comportamiento requerido por resistencia y deformabilidad, siguiendo los lineamientos de diseño indicados en el procedimiento ILV-01

La frecuencia fundamental calculada es de _____ Hertz.

Las descargas del soporte para la revisión de la estructura principal están reportadas en la hoja _____ de esta memoria de cálculo.

A N E X O I

OBTENCION DE PROPIEDADES GEOMETRICAS

- a) Momento de Inercia.
- b) Constante de resistencia torsional.
- c) Factor de forma α .
- d) Radio de giro mínimo.
- e) Longitud efectiva.
- f) Cálculo de r_t .
- g) Productos RC_y y RC_z .

Obtención de propiedades.

a) Momento de inercia.

El momento de inercia en secciones para las cuales no se tiene información en normas o catálogos se obtiene a partir de la fórmula general:

$$I_x = \int_0^{y_1} y^2 dA$$

Donde:

I_x = Momento de inercia alrededor del eje "x".

Y = Distancia del eje "x" al diferencial de área (i)

dA = Diferencial de área.

Desarrollando esta fórmula, obtenemos fórmulas para diferentes secciones.

En caso de que se tengan secciones compuestas, se podrán utilizar combinaciones de fórmulas anteriormente obtenidas o aplicar el teorema de ejes paralelos, para cada área que dice

$$I_t = \sum_{i=1}^n (I_c + Ad^2)_i$$

I_t = Momento de inercia total.

I_c = Momento de inercia centroidal del área (i) (cm^4)

A = Área (i) (cm^2)

d = Distancia del eje centroidal de la sección al centro de del área (i).

Para momentos de inercia de diferentes secciones cónicas se puede consultar el Apéndice A de la Referencia 11.3, Tomo II.

b) Cálculo de la Resistencia Torsional "R".

El ángulo de giro de miembros sujetos a torsión está dado por la siguiente fórmula (ver pág. 2.10-3 de la Ref. 11.1.).

$$\theta = \frac{M_x L}{G R} \quad (2)$$

Donde: θ = Ángulo de giro de la sección (radianes).

L = Longitud del miembro.

G = Modulo de rigidez transversal.

R = Resistencia torsional.

Mx = Momento de torsión.

El valor de "R" depende de la geometría de la sección.

Se distinguen 3 casos generales: secciones sólidas llenas, secciones abiertas de pared delgada y secciones cerradas de pared delgada.

Secciones sólidas llenas:

Consultar la tabla 20 de la Ref. 11.2.

Secciones abiertas de pared delgada.

Consultar la tabla 21 de la Ref. 11.2.

Esta tabla supone un espesor constante de la sección. El valor de "R" para una sección de espesor variable o una sección que no aparezca en dicha tabla, se puede calcular de la siguiente manera.

Se divide a la sección en partes rectangulares de longitud "d" y espesor "t" y se aplica la siguiente fórmula.

$$R = \frac{1}{3} \sum_i^n d_i t_i^3 \quad (3)$$

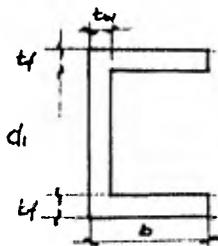
Donde: i = Rectángulo No. i

n = Número total de rectángulos.

d_i = Longitud del rectángulo i .

t_i = Espesor del rectángulo i .

Ejemplo:

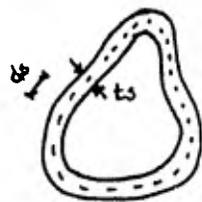


$$R = \frac{1}{3} (b t_f^3 + d_1 t_w^3 + b t_f^3)$$

$$R = \frac{1}{3} (2b t_f^3 + d_1 t_w^3) \quad (4)$$

Secciones cerradas de pared delgada.

Consultar la tabla 20 de la Ref. 11.2. 6 la tabla 2 pág. - 2.10-4 de la Referencia 11.1, de esta última referencia, la fórmula general es:



$$R = \frac{4 (A)^2}{\frac{ds}{ts}} \quad (5)$$

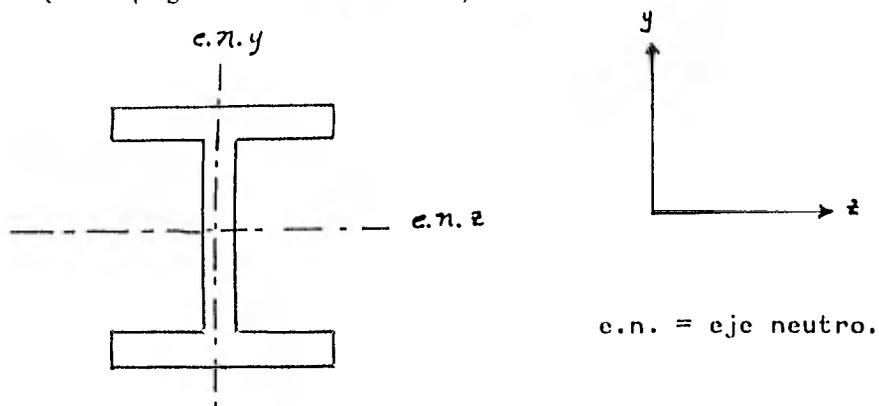
Donde (A) = Área cerrada por la línea media de la sección.

ds = Longitud diferencial de un segmento de la sección.

t = Espesor de la sección en el punto "S".

c) Cálculo de α

El valor de α para secciones donde el esfuerzo cortante se atribuye de manera uniforme a cualquier altura de la sección (ver pág. 187, Ref. 11.1.) se determina con la siguiente fórmula general (ver pág. 2.6-2 Ref. 11.1)



$$\alpha_y = \frac{T_{\text{máx.}}}{T_{\text{prom.}}} = \frac{\text{máximo esfuerzo cortante en "y"}.}{\text{esfuerzo cortante promedio en "y"}.}$$

$$T_{\text{máx.}} = \frac{v_y a_y y}{I_z t_z} \qquad T_{\text{prom.}} = \frac{v_y}{A_x}$$

v_y = Fuerza cortante en "y".

$$\alpha_y = \frac{a_y y A_x}{I_z t_z} \qquad (6)$$

Donde:

α_y = Factor de forma en la dirección "y".

a_y = Área de la sección comprendida entre e.n. z y la fibra mas alejada en "y".

y = Distancia entre el centro de gravedad del área " a_y " y el eje neutro e.n. z .

A_x = Área total de la sección

I_z = Momento de inercia centroidal de la sección respecto al eje " z ".

t_z = Menor anchura de la sección en la dirección " z " (por ejemplo: $t_z = t_w$ en la figura anterior; en una sección HEB + 2 placas, $t_z = 2 t_{\text{placa}} + t_w$ HEB; etc.)

Análogamente.

(7)
$$\alpha_z = \frac{a_z z A_x}{I_y t_y}$$

Por Ejemplo: $t_y = 2 t_f$ en la figura de la página anterior.

para secciones rectangulares $\alpha_y = \alpha_z = 1.5$

Las fórmulas citadas no son válidas para secciones circulares llenas, triangulares y otras donde el esfuerzo cortante no se transmite de manera uniforme a lo ancho de la sección.

d) Cálculo de $r_{mfn.}$

(8)
$$r_{mfn.} = \sqrt{\frac{I_{mfn.}}{A_x}}$$

Página 564, Ref. 11.4

Donde:

$I_{mfn.}$ = Momento de inercia mínimo de la sección transversal.

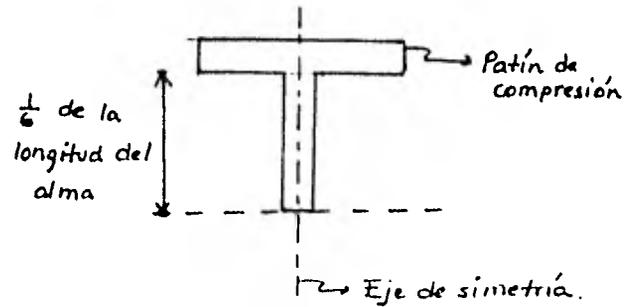
A_x = Área total de la sección transversal.

e) Cálculo de K

Usar la tabla 1 de la pág. 3.2-1A de la Ref. 11.1, cuando - haya duda en el tipo de condición de frontera no deberá usarse - la tabla sino el monograma de la figura 1 pág. 3.2-2, Ref. 11.1, siguiendo el procedimiento indicado en la referencia.

f) Cálculo de r_t

Se calcula únicamente para secciones que tienen un eje de simetría en el alma, como secciones I por ejemplo.



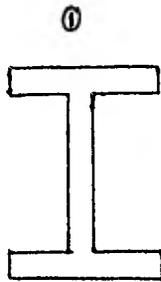
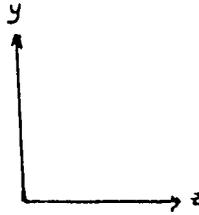
r_t = Radio de giro de la sección mostrada en la figura anterior.

$$(9) \quad r_t = \sqrt{\frac{I_t}{A}}$$

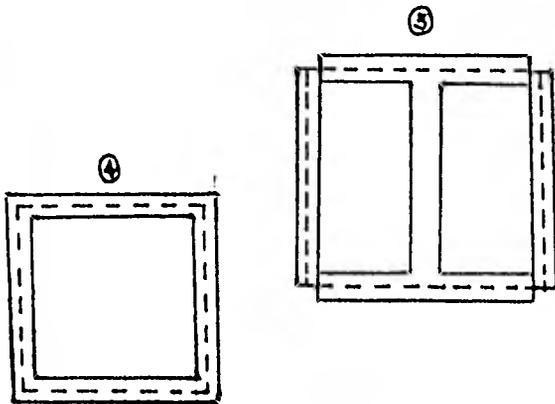
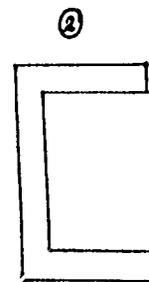
I_t = Momento de inercia de la sección mostrada arriba respecto al eje de simetría.

A = Área de la misma sección.

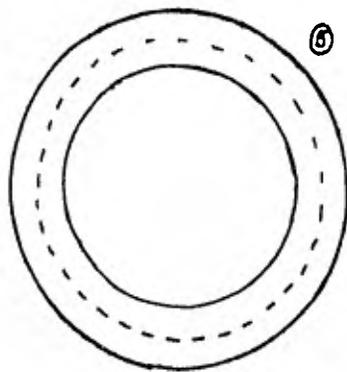
g) Valores del producto RC_y y RC_z en diferentes secciones para el cálculo del esfuerzo cortante provocado por momento Torsionante.



$$\begin{cases} \textcircled{1} & t_y \text{ máx.} = t_f \\ \textcircled{2} & t_z \text{ máx.} = t_w \\ & C_y = C_z = 1 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \textcircled{3} & t_{y \text{ máx.}} = t_f \\ & t_{z \text{ máx.}} = t_{\text{placa.}} \\ & R C_y = 2 \bar{b} \bar{d} t_{\text{placa.}}^2 \\ & R C_z = 2 \bar{b} \bar{d} t_f^2 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \textcircled{4} & t_y \text{ máx.} = t_f \\ & t_z \text{ máx.} = t_w \\ & R C_y = 2 \bar{b} \bar{d} t_w^2 \\ & R C_z = 2 \bar{b} \bar{d} t_f^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \textcircled{5} & t_{y \text{ máx.}} = t_{z \text{ máx.}} = t \\ & R C_y = R C_z = 2 \sqrt{r}^2 t^2 \end{cases}$$

Para toda sección abierta: $C_y = C_z = 1$

Para secciones cerradas: $R C_y = 2 (A) t_{z\text{mfn.}} t_{z\text{máx.}}$

$R C_z = 2 (A) t_{y\text{mfn.}} t_{y\text{máx.}}$

$t_z \text{ máx.}, t_y \text{ máx.} =$ Máximos espesores en las direcciones "z" y "y".

Donde: $t_z \text{ mín.}, t_y \text{ mín.} =$ Mínimos espesores en las direcciones "z" y "y".

(A) = Area encerrada por las dimensiones medias de la sección.

ANEXO 2.

MUESTRA DE INFORMACION SOBRE
COMPONENTES DE CATALOGO.

1.- SNUBBERS O AMORTIGUADORES.

2.- STRUTS.

3.- CLAMPS O ABRAZADERAS.

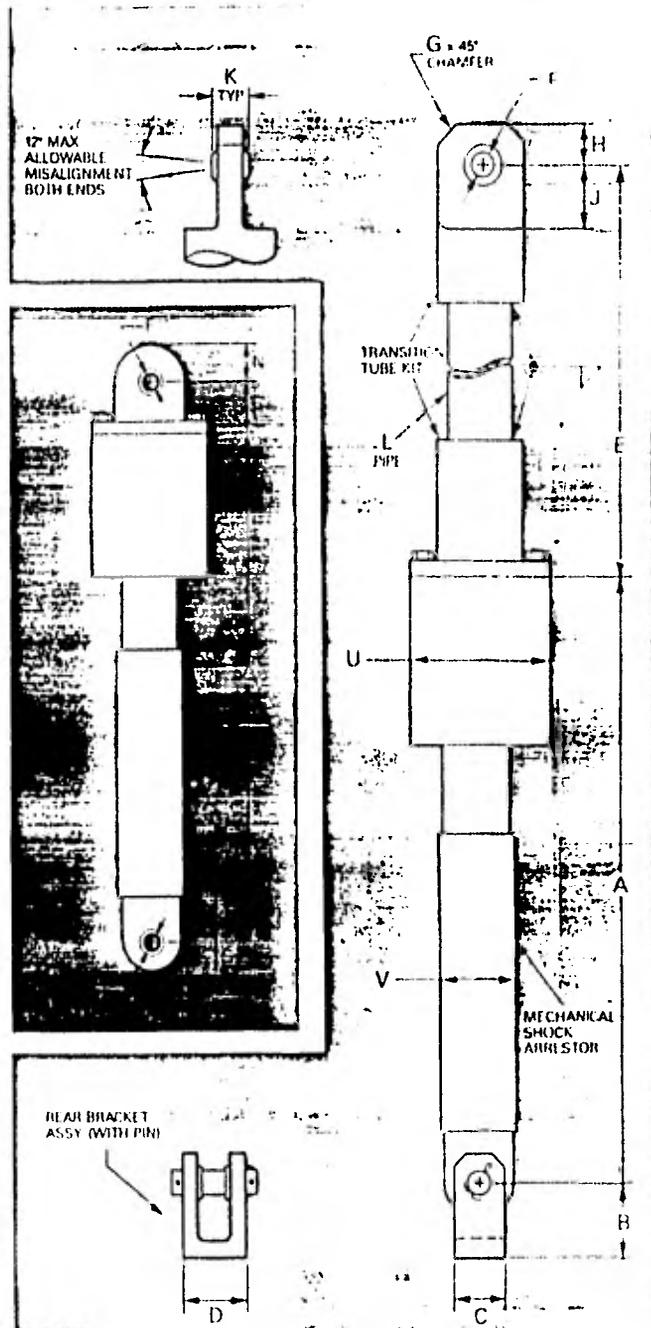
4.- RESORTES.

5.- AXIALSTOP.

6.- GLEIT LAGER.

-102-

1.- SNUBBERS O AMORTIGUADORES.



MODEL	PSA 1/4	PSA 1/2
Travel	4.0	2.5
Weight	102	64
Shock Arrestor only	3.6	3.3
	163	150
A Length - fully retracted	9.0	7.5
	229	191
B	1375	1375
	34.93	34.93
C	1.00	1.00
	25.4	25.4
D	1.16	1.16
	29.5	29.5
E Minimum	5.38	5.38
	136.6	136.6
F Dia - .0001	3750	3750
	9.525	9.525
G	16	16
	4.1	4.1
H	7.5	7.5
	19.0	19.0
J	1.12	1.12
	28.4	28.4
K	4.0	4.0
	10.31	10.31
L Customer Supplied	1/2 inch Sched 40 min	1/2 inch Sched 40 min
M	7.0	7.0
	17.8	17.8
P	1.10	1.10
	27.9	27.9
S	5.2	5.2
	13.2	13.2
T	7.4	7.4
	18.8	18.8
U Dia	2.25	2.25
	57.2	57.2
V Dia	1.25	1.25
	31.8	31.8

NOTES:

1. Dimensions given in black are in pounds and inches. Dimensions given in red are in millimeters and dekanewtons.
2. Special Fittings and Configurations are available on special request.

MODEL	LOAD
PSA 1/4	350
	156
PSA 1/2	650
	289

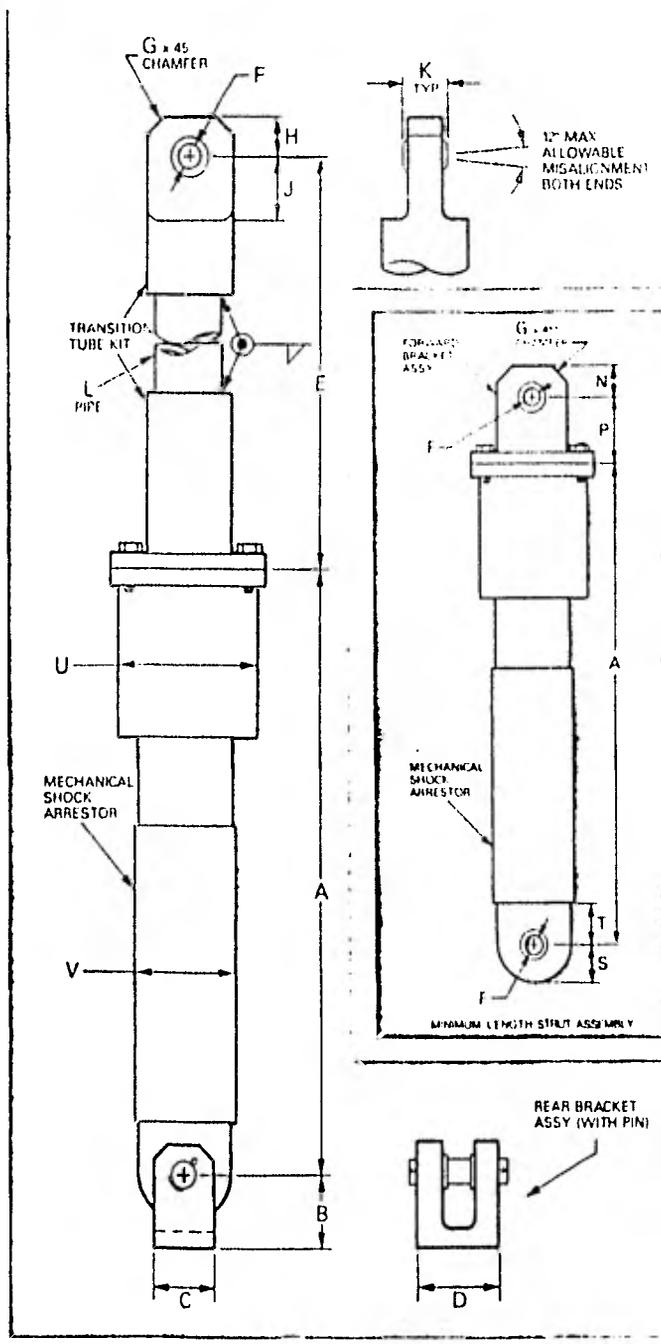
Level A & B Loads in accordance with Section III, Subsection NF, of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code

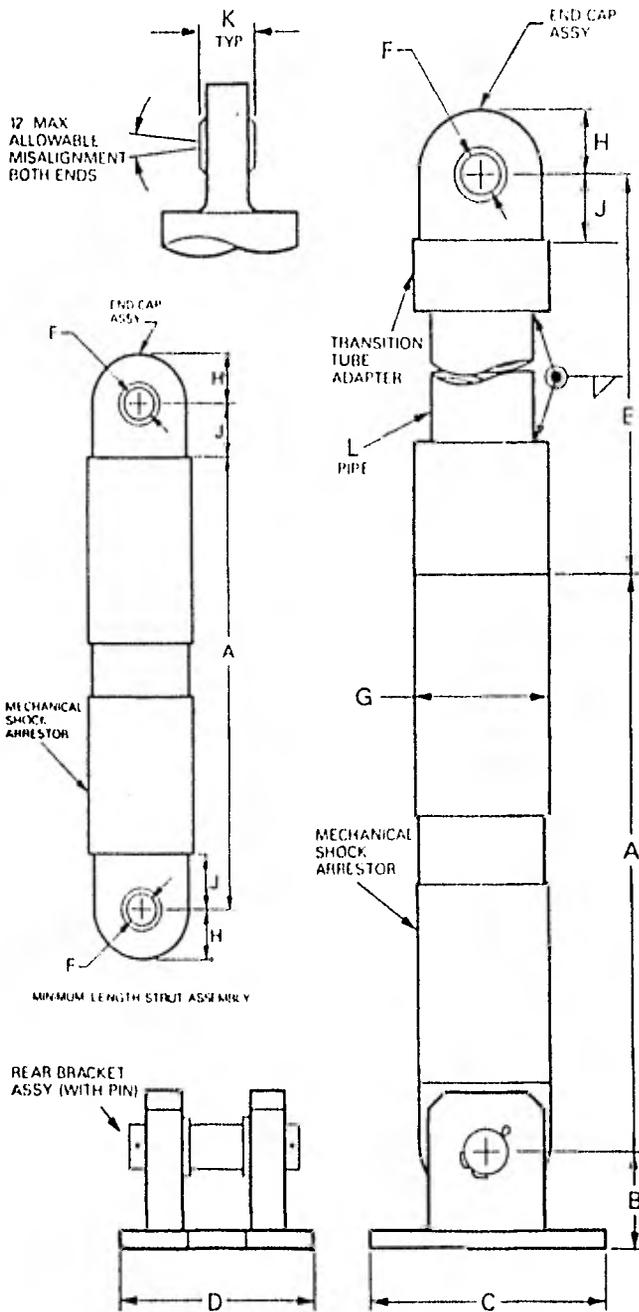
Model	PSA 1	PSA 3	PSA 10
Travel	4.0	5.0	6.0
Weight - Shock Arrestor only	102	256	467
A Length - fully retracted	110	145	171
B	1750	2250	2750
C	44.45	57.15	69.85
D	1.50	2.25	3.06
E	38.1	57.2	77.7
F	1.56	2.23	2.72
G	39.6	56.6	69.1
H	6.38	7.75	8.00
I	162.1	196.8	203.2
J	5000	7500	10000
K	12700	19050	25400
L	18	50	100
M	4.6	12.7	25.4
N	88	125	180
O	22.4	31.8	42.9
P	112	135	162
Q	28.4	34.3	41.1
R	500	750	1000
S	1270	1905	2540
T	1 inch Sched 80 min	1 1/2 inch Sched 40 min	2 inch Sched 80 min
U	100	125	150
V	25.4	31.8	38.1
W	151	200	240
X	38.4	50.8	61.0
Y	99	135	165
Z	25.1	34.3	41.9
AA	98	135	165
AB	24.9	34.3	41.9
AC	3.50	4.63	5.75
AD	88.9	117.6	146.1
AE	2.12	2.87	3.25
AF	53.6	72.9	82.6

NOTES:
 1. Dimensions given in black are in pounds and inches.
 Dimensions given in red are in millimeters and dekanewtons
 2. Special Fittings and Configurations are available on special request.

MODEL	LOAD
PSA 1	1500 667
PSA 3	6000 2669
PSA 10	15000 6672

U & B Loads in accordance with Section III, Subsection NF, of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.





MODEL	PSA 35	PSA 100
Travel	6.0	6.0
Weight - Shock Arrestor only	140	265
A Length - fully retracted	24.0	29.0
B	4.800	6.280
C	121.92	159.51
D	12.00	20.00
E	304.8	508.0
F	7.00	10.00
G	177.8	254.0
H	13.00	14.50
J	330.2	368.3
F Dia + .000 - .001	1.500	2.500
G Dia	38.10	63.50
H	6.00	7.62
J	152.4	193.5
K	2.79	3.45
L	70.9	87.6
J	3.1	3.8
K	79	97
L Customer supplied	1.687	2.062
	42.85	52.37
	4 inch Sched XXS min	5 inch Sched XXS min

1. Dimensions given in black are in pounds and inches
 Dimensions given in red are in millimeters and dekanewtons
 2. Special Fittings and Configurations are available on special request

MODEL	LOAD
PSA 35	50000
	22241
PSA 100	120000
	53379

Level A & B Loads in accordance with Section III, Subsection NF, of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

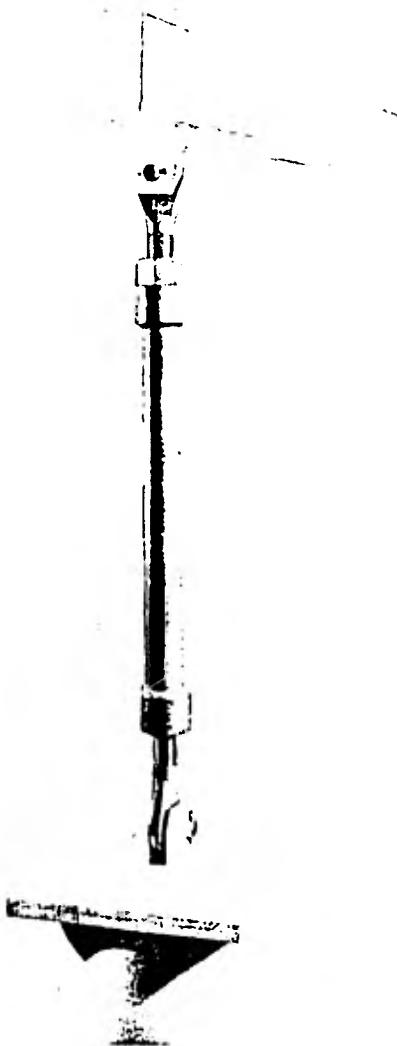
PACIFIC SCIENTIFIC®

Kin-Tech Division
 1346 South State College Blvd
 Anaheim, CA 92803
 Phone: (714) 774-5217
 Telex: 65-5421

Pacific Scientific Intl
 Hauptstrasse 132
 CH-4450 Sissach Switzerland
 Phone: 061-984405/06
 Telex: 64-366

-106-

2. - STRUTS.

**MATERIAL:**

All material suitable for power piping applications. For Nuclear applications specify Code Class and Code Addenda.

ORDERING INFORMATION:

Type PC — Specify — Part Code and Type PC; Sway Strut Size No.; C-C Dimension; Pipe Clamp Part Code from page S10; Pipe Clamp Material Specification.

Type BA — Specify — Part Code and Type BA; Sway Strut Size No.; C-C Dimension.

Type RO — Specify — Part Code and Type RO; Sway Strut Size No.; C-C Dimension.

Type SO — Specify — Part Code and Type SO; Sway Strut Size No.; C-C Dimension.

FEATURES:

Type PC — nps industries, inc. Type PC Sway Strut is furnished as a complete unit with a rear bracket and pipe clamp.

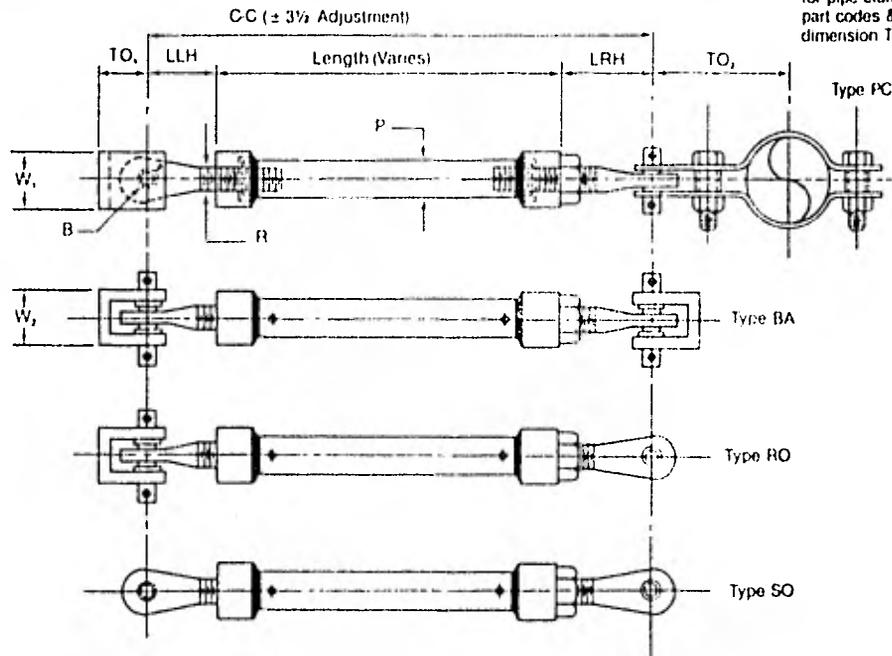
Type BA — nps industries, inc. Type BA Sway Strut is furnished as a complete unit with a rear bracket at each end.

Type RO — nps industries, inc. Type RO Sway Strut is furnished with a rear bracket at one end and a plain rod end at the other. This unit is designed to be incorporated with mounting attachments that are provided on piping or equipment.

All Types

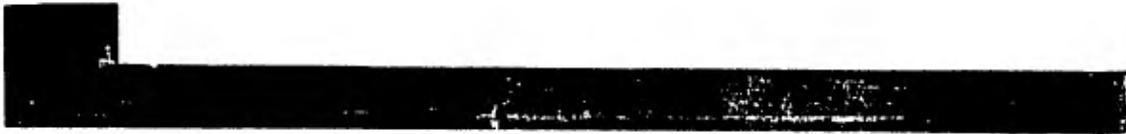
- Designed for either tensile or compressive forces.
- 3½" of field adjustment in either direction.
- The spherical bearing at either end of the sway strut allows for ± 6° of misalignment.
- Designed to restrain movement of piping in one direction while providing for thermal expansion or contraction in another direction.

Note: See page S10 for pipe clamp part codes & dimension TO₁



SWAY STRUT SIZE NO	REAR BRACKET		BASE SIZE			P NOMINAL PIPE SIZE	LLH	LRH	MINIMUM C TO C		MAX. LOAD*	SWAY STRUT SIZE NO
	R ROD DIAM	B PIN DIAM	W ₁	W ₂	TO ₁				WITH ADJUSTMENT	NO ADJUSTMENT		
			W ₁	W ₂	TO ₁							
06	1/2	1/4	2	1	1 1/2	1"	4 1/2	5 1/2	19	15	1780	06
08	1	1/2	3	1 1/2	2	1 1/2"	5	6	21	18	4960	08
10	1 1/2	3/4	3 1/2	2 1/2	2 1/2	1 3/4"	6	7	24	21	8000	10
12	1 1/2	1	4 1/2	3	3 1/2	2"	7	9	28	24	11600	12
14	1 1/2	1	4 1/2	3	3 1/2	2"	7	9	28	24	33500	14
20	2	1 1/2	5 1/2	5	4	3"	11	13	38	34	33500	20
24	3	1 1/2	7	5 1/2	5 1/2	4"	12	15	41	37	50600	24
36	4	2	9 1/2	9 1/2	8	6"	16	21	54	51	123000	36

*Maximum Load at Minimum C to C



SRS

SRS

S9

Loads Shown In KIPS

LENGTH (C-C) (INCHES)	SWAY STRUT SIZE NO.							LENGTH (C-C) (INCHES)	
	06	08	10	12	14	20	24		36
10	1.78	5.0							10
20	1.78	5.0	6.0	11.6	15.7				20
30	1.78	4.8	6.0	11.6	15.7	33.5	50.6		30
40	1.78	4.5	7.8	11.6	15.7	33.5	50.6		40
50	1.78	4.2	7.0	11.0	15.2	33.5	50.6	123	50
60	1.78	3.8	6.5	10.5	14.7	33.5	50.6	123	60
70		3.5	5.9	9.9	13.4	33	50.6	123	70
80		3.2	5.3	9.4	12.4	32	50.6	123	80
90			4.8	8.8	11.5	31	50	123	90
100			4.2	8.3	10.5	29	48	123	100
110				7.7	9.5	28	46	123	110
120				7.2	8.6	26	44	123	120
130					7.6	22	41	120	130
140						20	38	114	140
150						17	35	107	150
160						14	31	101	160
170							28	95	170
180							25	89	180
190							22	83	190
Maximum C-C Length (inches)									
	56	62	98	119	122	190	250	260	

Above load ratings are for compressive loads. Tensile load rating is constant equal to maximum compressive load ratings.

-110-

3.- CLAMPS O ABRAZADERAS.

PRC

FIG. P1

MATERIAL:

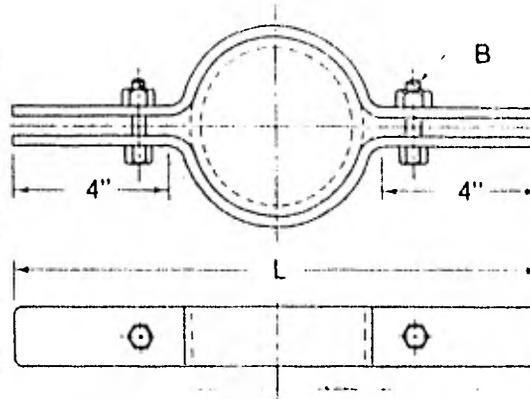
Plate—Carbon Steel—ASME SA-36

Bolt—Carbon Steel—ASTM A-307

Nut—Carbon Steel—ASTM A-307

ORDERING INFORMATION:

Specify Part Code; Clamp Size No.

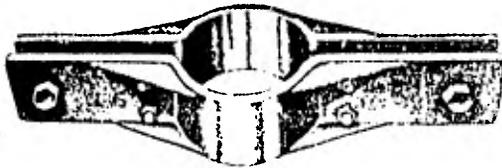


RISER SIZE NO.	PIPE SIZE	S	B	L	MAX. RECOM. LOAD LBS. 650° F.	WEIGHT (APPROX.) LBS. PER 100
		SIZE STOCK	SIZE BOLTS	OVERALL LENGTH		
010	1	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	9 3/4	255	1.41
	1	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	9 3/4	255	1.47
	1 1/2	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	10	255	1.98
015	1 1/2	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	10 3/4	255	2.01
	2	1/2 x 1 1/2	3/4 x 1 1/2	10 3/4	255	2.43
	2 1/2	1/2 x 1 1/2	3/4 x 1 1/2	11 1/2	300	2.53
020	3	1/2 x 1 1/2	3/4 x 1 1/2	12	330	2.72
	2 1/2	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	13	670	3.30
	4	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	13 1/2	610	3.42
050	5	1/2 x 2	1/2 x 1 1/2	14 1/2	1160	4.93
	6	1/2 x 2	1/2 x 1 1/2	15 1/2	1570	5.26
	8	1/2 x 2 1/2	3/4 x 2 1/2	18 1/2	7500	16.50
100	10	1/2 x 2 1/2	3/4 x 2 1/2	20 3/4	2600	18.50
120	12	1/2 x 2 1/2	3/4 x 2 1/2	22 1/2	2700	21.00
140	14	1/2 x 2 1/2	3/4 x 2 1/2	24	2700	24.00
160	16	3/4 x 2 1/2	3/4 x 3	26	2800	32.50
180	18	3/4 x 2 1/2	3/4 x 3	28	2900	33.75
200	20	3/4 x 2 1/2	3/4 x 3	30	2900	35.00

Larger Sizes Available

P12

PRH



MATERIAL:

- Clamp—Specify
- Bolts—Specify
- Studs—Specify
- Nuts—Specify

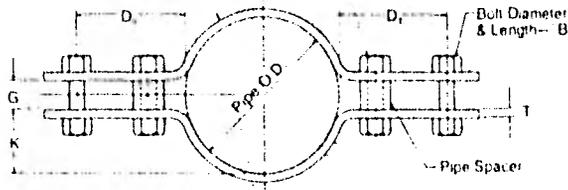
ORDERING INFORMATION:

Specify Part Code, Type A or B, Clamp material specification; Bolt material specification; Stud material specification; Nut material specification; Pipe Size; Stock Size S; GAP G, L, and L₁; Bolt or Stud Diameter & Length B

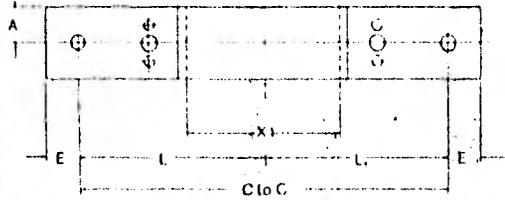
TYPE A

Stock Size—S

On stock B" & wider
use 2 bolts equal to
3/4 diameter of load bolt



"A" is not
always on the
centerline of
the clamp



TYPE B

Pipe Spacer

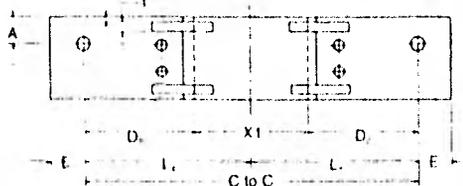
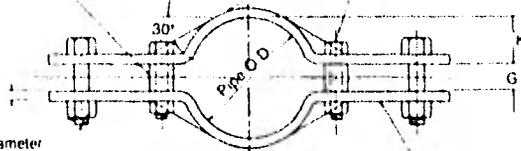
Tangent to O.D. of Clamp

Use 2 bolts equal
to 3/4 diameter of
load bolt

Bolt Diameter
& Length—B"

Stock Size—S

"A" is not
Always on the
centerline of
the clamp



NOTE: GUSSET PLATE TO EXTEND TO CENTERLINE OF INNER BOLT OR 1/2 PAST O.D. OF PIPE, WHICHEVER IS GREATER.

RISER CLAMP DESIGN TYPE A AND B

PIPE SIZE	2 1/2	3	3 1/2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36	42	48	60	72
X1	2.875	3.5	4.0	4.5	6.625	8.625	10.75	12.75	14	16	18	20	24	30	36	42	48	60	72
X2	4.52	5.50	6.28	7.065	10.4	13.55	16.89	20.03	21.99	25.13	28.27	31.42	37.70	47.12	56.54	65.97	75.39	94.23	113.1
X2-X1	1.65	2.0	2.28	2.57	3.78	4.92	6.14	7.28	7.99	9.13	10.27	11.42	13.70	17.12	20.54	23.97	27.39	34.23	41.1

UNCORRECTED LOAD RANGE	3400	4700	6200	8000	10000	12000	16000	19000	25000	32000	40000	55000	67000	82000	96000	118000	135000	154000
B Bolt Diam.	3/8	1/2	5/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8	2	2 1/8	2 1/4	2 3/8	3	3 1/8	3 1/4	3 3/8	4
A Edge Distance	1 1/2	1 3/4	1 5/8	2	2 1/8	2 1/4	2 3/8	3	3 1/8	4	4 1/8	5	5 1/8	6	6 1/8	7	7 1/8	8
G Gap	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	2	2 1/8	2 1/4	2 3/8	3	3 1/8	4	4 1/8	4 1/4	5	5 1/8	5 1/4	6	6
E Minimum	1 3/4	2	2 1/4	2 3/8	2 5/8	3	3 1/4	3 3/8	3 1/2	4	4 1/8	5	5 1/8	6	6 1/8	7	7 1/8	8

$D = \frac{C \text{ to } C - X1}{2}$ $K = \frac{X1 - G}{2}$ $L = \frac{C \text{ to } C}{2}$ $X1 = \text{O.D. of Pipe}$ $X2 = 1/2 \pi X1$
 Bolt Length = $G + 2T + \text{Bolt Diam.} + 1/4 \text{ in.}$
 Stud Length = $G + 2T + 2 \text{ Bolt Diam.} + 1/2 \text{ in.}$
 $DL/HC = C \text{ to } C + 2E + (X2 - X1) - G + 1.5T$
 DL/HC = Developed Length/Half Clamp

PROCEDURE FOR DETERMINING RISER CLAMP STOCK SIZES

1. Determine total load to be supported and service temperature of the piping system.
2. Refer to Chart Below and determine temperature correction factor for clamp material being used.
3. Multiply total load by the correction factor to obtain a corrected load.
4. Refer to Chart "A" and locate the point determined by the intersection of the corrected total load from step 3 and the pipe size curve. Project this point horizontally until the "D" dimension (pipe diameter) is reached. Directly above this point is the required stock size.
5. The bolt diameter is obtained by using the uncorrected total load and reading the tabulation.

MATERIAL SPEC. ASTM - GRADE	DESIGN TEMPERATURE °F											
	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
A-36	.8	.83	.89	1.06	---	---	---	---	---	---	---	---
A-387 11	.66	.68	.66	.68	.69	.76	.91	1.53	---	---	---	---
A-387 22	.68	.68	.68	.66	.69	.78	.81	1.28	1.72	2.38	---	---
A-240 304	.94	.95	.96	.97	.98	1.00	1.02	1.06	1.11	1.21	1.45	1.81
A-240 316	.86	.88	.90	.93	.94	.97	.99	1.02	1.04	1.09	1.18	1.44
A-240 321	.80	.82	.83	.84	.86	.88	.88	.91	.94	1.10	1.34	2.27
A-240 347	.80	.82	.83	.84	.86	.88	.89	.91	.94	1.10	1.64	2.27

NOTE: CHART "A" IS BASED ON AN ALLOWABLE STRESS OF 10,000 PSI. CORRECTION FACTORS CONTAINED ABOVE ARE BASED ON ALLOWABLE STRESSES LISTED MSS SP-58

PDC

PTC

P15

MATERIAL:

Clamp — Carbon Steel — ASME SA-36
 Bolt — Carbon Steel — ASTM A-307
 Nut — Carbon Steel — ASTM A-307

ORDERING INFORMATION

Specify Part Code, Clamp No., Pipe Size

NOTES:

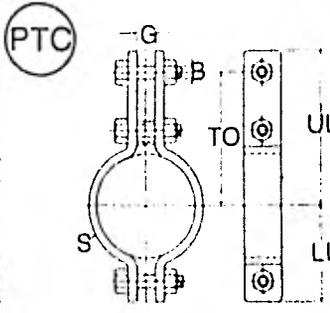
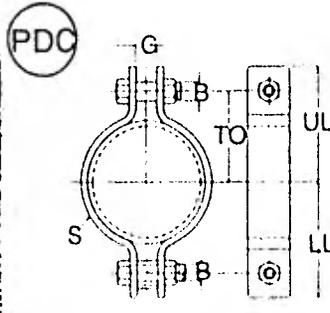
- (1) Part Code (PDC), two bolt pipe clamps are designed for the suspension of uninsulated piping
- (2) Part Code (PTC), three bolt pipe clamps are designed for

the suspension of insulated piping at temperatures up to 750 F

- (3) For pipe clamps designed for temperatures above 750 F see Part Code (PTC) Page P-24 through P-32

- (4) Part Code (PTC) is designed to locate the load bolt outside of the following insulation thickness

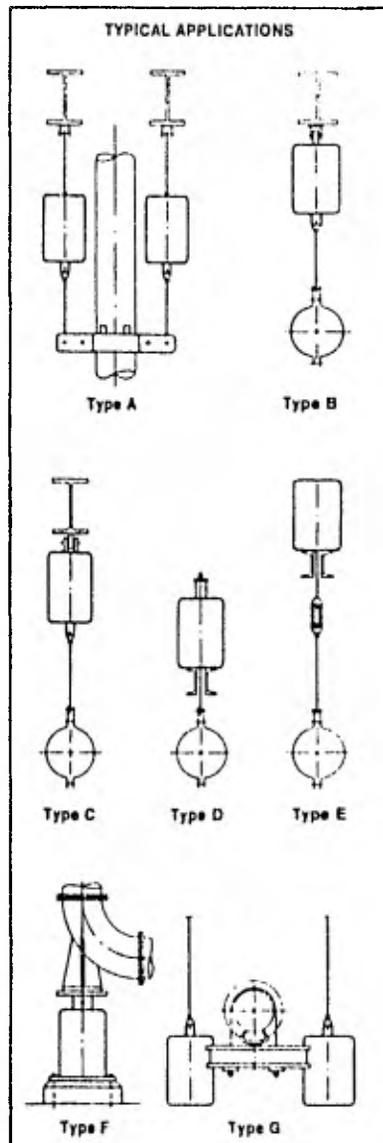
Fig. 5-22	1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"
14-20	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"	3 1/4"



MAX. RECOM. LOAD/LBS.		CLAMP NO.	S STOCK SIZE	B BOLT DIAM.	G CLAMP GAP	LL LOWER LENGTH	TO TAKE OUT	UL UPPER LENGTH	WEIGHT (APPROX.) LBS EA	PDC & PTC		PDC		PTC	
650°F	750°F									TO TAKE OUT	UL UPPER LENGTH	TO TAKE OUT	UL UPPER LENGTH	TO TAKE OUT	UL UPPER LENGTH
PIPE SIZE 1/2															
810	840	004-0108	1/2 x 1	3/8	1/2	1 1/4	1	1 1/2	44	—	—	—	—	—	—
PIPE SIZE 3/4															
810	840	006-0104	1/2 x 1	3/8	1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	46	—	—	—	—	—	—
1130	1130	006-0205	1/2 x 1 1/2	3/8	1/2	2 1/4	1 1/2	2 1/2	143	3 1/2	4	—	—	—	195
PIPE SIZE 1															
810	840	010-0104	1/2 x 1	3/8	1/2	2	1 1/4	2	52	—	—	—	—	—	—
1130	1130	010-0205	1/2 x 1 1/2	3/8	1/2	2 1/4	1 1/4	2 1/2	153	3 1/2	4 1/2	—	—	—	205
PIPE SIZE 1 1/4															
825	470	012-0104	1/2 x 1	3/8	1/2	2 1/4	1 1/4	2 1/2	54	—	—	—	—	—	—
1130	1130	012-0205	1/2 x 1 1/2	3/8	1/2	2 1/4	1 1/4	2 1/2	157	3 1/2	4 1/2	—	—	—	211
PIPE SIZE 1 1/2															
425	380	015-0104	1/2 x 1	3/8	1/2	2 1/4	1 1/4	2 1/2	58	—	—	—	—	—	—
1130	1130	015-0205	1/2 x 1 1/2	3/8	1/2	2 1/4	1 1/4	2 1/2	163	3 1/2	4 1/2	—	—	—	219
PIPE SIZE 2															
125	290	020-0104	1/2 x 1	3/8	1/2	2 1/4	2 1/4	2 1/2	66	—	—	—	—	—	—
1130	1130	020-0205	1/2 x 1 1/2	3/8	1/2	2 1/4	2 1/4	2 1/2	177	4 1/2	5 1/2	—	—	—	241
2710	2710	020-0308	1/2 x 2	3/8	1	3 1/4	2 1/4	3 1/2	520	8 1/2	5 1/2	—	—	—	641

-116-

4.- RESORTES.



Type A: Type A is the basic unit of nps industries, inc. Variable Spring Support. It is designed for attachment to its supporting structure by screwing a rod into a tapped hole in the top of the support. The threaded engagement provided is always at least equal to the rod diameter.

Type B: Type B is furnished with a single lug for attachment to the supporting structure. The lug permits use of a forged steel clevis, welding beam attachment or pair of lugs where headroom is limited.

Type C: Type C is furnished with two lugs for attachment to the supporting structure. These lugs permit use of a weldless eye nut and rod, eye rod or a single lug for attachment where headroom is limited.

Type D: Type D permits adjustment of the support from the top. Type D has been especially adapted for use where the support is set above the supporting structure and the pipe is suspended below.

Type E: Type E has been designed to permit adjustment of the support from below the support, when the support is installed above the supporting structure and the pipe is suspended from below.

Type F: Type F has been designed for use under a base elbow support or piping that must be supported directly from the floor. It is recommended that sliding plates of suitable low-friction material be placed between the load flange and the base support when there is any axial or lateral movement of the piping system being supported. Type F can be provided with an extended load column on special order. The increment between minimum and maximum "TO" dimensions is the amount of field adjustment available and is in excess of the amount required for load adjustment. When possible, we recommend the use of the mean "TO" dimension thus providing field adjustment in the plus or minus direction.

Type G: Type G has been designed as a complete trapeze variable spring support assembly. The support consists of two standard support units connected by back-to-back channels welded at each end to the support casing. The "E" dimension can be varied to suit special design situations. In sizing the Type G support, it must be remembered that each standard spring unit carries one-half of the total pipe load. Therefore, in using the selection chart on Page V4, use one-half of the total pipe load as the HOT load. When the pipe line is designed so as not to be centered on the trapeze channels, one variable spring of the trapeze will carry a heavier load, the other a lighter load. Care must be taken in calculating the load of each variable spring and in choosing the proper size support in such cases. When this case is apparent clearly specify the load and size of each side of the trapeze.

SERIES

In order to choose the proper Variable Spring Series the designer must first determine that the calculated movement will fall within the working range of the support.

Part Code Series **(H)** has a maximum variability factor** per 1/4 inch of spring deflection of 21% of its rated capacity. Part Code Series **(W)** has a maximum variability factor of 10 1/2% while Part Code Series **(V)** has a maximum variability factor of 5 1/4%. Select the Part Code Series that falls within the specified allowable variability factor.

* Variability Factor = $\frac{\text{Pipe Travel (in)} \times \text{Spring Rate (lbs/in)}}{\text{Operating (Hot) Load (lbs)}}$

	VARIABILITY FACTOR					
	5%	10%	15%	20%	25%	
VS	11	23	34	45	56	VS
VM	22	46	68	90	112	VM
VL	44	92	136	180	224	VL

MAXIMUM MOVEMENTS

SIZE

In order to choose a proper size support, it is necessary to know the operating load which the spring is to support and the amount and direction of the pipe line movement from the installed (COLD) to the operating (HOT) position.

Find the operating load of the pipe in the load table. As it is desirable to support the operating weight of the pipe when the line is hot, the operating load is the HOT load.

To determine the installed (COLD) load, read the spring scale, up or down, for the amount of expected movement. The chart must be read opposite from the direction of the pipe's movement. The load arrived at is the installed (COLD) load.

If the installed (COLD) load falls outside of the working load range of the support selected, relocate the operating or hot load in the adjacent column and find the installed (COLD) load. When the hot and cold loads are both within the working range of a support, the size number of that support will be found at the top of the column.

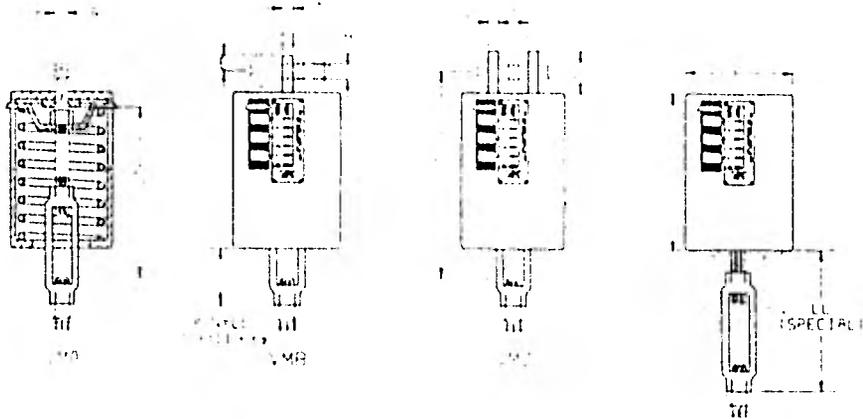
Should it be impossible to select a support in a particular series such that both loads occur within the working range, consideration should be given to a variable spring support with a wider working range or a constant support.

LOAD TABLE IN POUNDS

RHS SIZE IN

WORKING RANGE IN	SPRING SIZE																						SPRING REFLECTOR IN	
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		22
0 1/4	45	63	81	107	141	189	252	336	450	603	807	1071	1407	1827	2442	3273	4350	5805	7665	10065	13245	17445	22935	30075
0 1/2	90	126	162	214	282	378	504	672	906	1206	1614	2112	2826	3744	4980	6660	8910	11820	15750	20910	27630	36345	47535	61545
0 3/4	135	189	243	321	423	567	756	1008	1350	1806	2421	3168	4182	5562	7470	10020	13410	17850	23760	31590	41445	54045	70035	89925
1	180	252	324	426	564	756	1008	1350	1806	2421	3168	4182	5562	7470	10020	13410	17850	23760	31590	41445	54045	70035	89925	115935
1 1/4	225	315	405	531	702	945	1260	1680	2250	3006	3978	5250	6960	9240	12300	16350	21600	28500	37650	49245	63645	82185	105975	137445
1 3/4	270	378	495	642	855	1134	1512	2016	2706	3582	4698	6162	8082	10680	14250	18900	25050	32850	42900	55845	72245	93585	121375	157185
2	315	441	567	744	990	1314	1764	2352	3126	4098	5382	7080	9300	12240	16110	21210	27900	36600	47700	61845	80045	103085	133475	173685
2 1/4	360	495	630	828	1104	1458	1962	2610	3450	4536	5958	7812	10200	13320	17490	23100	30450	39900	51900	67045	86845	112085	144475	187685
2 3/4	405	549	702	924	1224	1620	2142	2844	3762	4938	6462	8460	11040	14400	18840	24750	32400	42300	54900	71045	91845	118585	153775	199685
3	450	603	765	1008	1332	1764	2352	3126	4098	5382	7080	9300	12240	16110	21210	27900	36600	47700	61845	80045	103085	133475	173685	225645
3 1/4	495	663	846	1116	1470	1962	2610	3450	4536	5958	7812	10200	13320	17490	23100	30450	39900	51900	67045	86845	112085	144475	187685	243645
3 3/4	540	726	930	1224	1620	2142	2844	3762	4938	6462	8460	11040	14400	18840	24750	32400	42300	54900	71045	91845	118585	153775	199685	260645
4	585	783	1008	1332	1764	2352	3126	4098	5382	7080	9300	12240	16110	21210	27900	36600	47700	61845	80045	103085	133475	173685	225645	291645
4 1/4	630	837	1080	1428	1914	2538	3360	4410	5760	7536	9960	13080	17220	22680	29850	39300	51300	66300	85845	110845	143385	185475	239685	308685
4 3/4	675	903	1164	1542	2034	2706	3582	4698	6162	8082	10680	14250	18900	24750	32400	42300	54900	71045	91845	118585	153775	199685	260685	334685
5	720	963	1242	1656	2190	2916	3864	5070	6660	8844	11700	15540	20580	27120	35400	45900	59700	77445	100445	130385	170475	222685	288685	368685
5 1/4	765	1023	1320	1764	2340	3114	4110	5382	7080	9300	12240	16110	21210	27900	36600	47700	61845	80045	103085	133475	173685	225645	291645	376685
5 3/4	810	1077	1392	1872	2490	3306	4362	5760	7536	9960	13080	17220	22680	29850	39300	51300	66300	85845	110845	143385	185475	239685	308685	398685
6	855	1133	1464	1956	2610	3450	4536	5958	7812	10200	13320	17490	23100	30450	39900	51900	67045	86845	112085	144475	187685	243645	314685	409685
6 1/4	900	1198	1548	2076	2772	3678	4842	6360	8460	11040	14400	18840	24750	32400	42300	54900	71045	91845	118585	153775	199685	260685	334685	429685
6 3/4	945	1257	1620	2142	2844	3762	4938	6462	8460	11040	14400	18840	24750	32400	42300	54900	71045	91845	118585	153775	199685	260685	334685	434685
7	990	1317	1716	2268	3045	4035	5310	6960	9240	12300	16350	21600	28500	37650	49245	63645	82185	105975	137445	177645	230645	297645	382645	492645
7 1/4	1035	1377	1800	2388	3210	4242	5580	7380	9840	13080	17220	22680	29850	39300	51300	66300	85845	110845	143385	185475	239685	308685	398685	508685
7 3/4	1080	1437	1896	2544	3405	4506	5940	7860	10440	13800	18300	24000	31200	40500	52500	68400	89445	116445	150385	194475	250685	320685	410685	520685
8	1125	1497	1980	2664	3567	4710	6240	8280	11040	14400	18840	24750	32400	42300	54900	71045	91845	118585	153775	199685	260685	334685	429685	539685
8 1/4	1170	1557	2064	2808	3720	4914	6480	8640	11400	15000	19800	26400	34200	44400	57600	75000	98445	128445	165385	213475	274685	354685	454685	564685
8 3/4	1215	1617	2148	2880	3840	5070	6720	8940	11880	15720	20880	27900	36600	47700	61845	80045	103085	133475	173685	225645	291645	371645	471645	581645
9	1260	1677	2208	2952	3960	5250	7020	9360	12420	16560	22080	29400	38400	50100	65400	85845	111845	145385	189475	247685	317685	407685	517685	627685
9 1/4	1305	1737	2280	3072	4110	5406	7200	9540	12720	17040	22800	30600	40200	52500	68400	90445	118445	155385	203475	265685	335685	425685	535685	645685
9 3/4	1350	1797	2352	3192	4260	5610	7440	9840	13080	17400	23400	31200	40800	53100	69000	91445	120445	159385	209475	271685	341685	431685	541685	651685
10	1395	1857	2424	3312	4410	5820	7740	10200	13560	18000	24000	31800	41400	53700	70200	93445	122445	163385	213475	275685	345685	435685	545685	655685
10 1/4	1440	1917	2496	3432	4560	6030	8040	10680	14160	18720	24900	32800	42600	55100	71800	95445	124445	167385	217475	281685	351685	441685	551685	661685
10 3/4	1485	1977	2568	3552	4710	6240	8280	11040	14760	19560	25800	33800	43800	56300	73200	97445	126445	171385	221475	287685	357685	447685	557685	667685
11	1530	2037	2640	3672	4860	6450	8580	11400	15360	20160	26700	34800	44800	57300	74400	98445	128445	175385	225475	293685	363685	453685	563685	673685
11 1/4	1575	2097	2712	3792	5010	6660	8820	11880	15960	20880	27600	35800	45800	58300	75600	100445	130445	179385	229475	299685	369685	459685	569685	679685
11 3/4	1620	2157	2784	3912	5160	6870	9120	12360	16560	21600	28400	36600	46600	59100	76400	101445	132445	183385	233475	305685	375685	465685	575685	685685
12	1665	2217	2856	4032	5310	7080	9360	12540	17160	22320	29400	37800	47800	60300	77800	102445	134445	187385	237475	311685	379685	471685	581685	691685
12 1/4	1710	2277	2928	4152	5460	7290	9660	12960	17760	23160	30300	38800	48800	61300	78800	103445	136445	191385	241475	317685	383685	477685	587685	697685
12 3/4	1755	2337	3000	4272	5610	7500	9960	13360	18360	24000	31200	39800	49800	62300	80000	104445	138445	195385	245475	323685	387685	483685	593685	703685
13	1800	2397	3072	4392	5760	7710	10260	13760	18960	24840	32100	40800	50800	63300	81000	105445	140445	199385	249475	329685	391685	489685	599685	709685
13 1/4	1845	2457	3144	4512	5910	7920	10560	14160	19560	25680	33000	41800	51800	64300	82000	106445	142445	203385	253475	335685	395685	495685	605685	715685
13 3/4	1890	2517	3216	4632	6060	8130	10860	14560	20160	26520	33900	42800	52800	65300	83000	107445	144445	207385	257475	341685	401685	501685	611685	721685
14	1935	2577	3288	4752	6210	8340	11160	14960	20760	27360	34800	43800	53800	66300	84000	108445	146445	211385	261475	347685	407685	507685	617685	727685
14 1/4	1980	2637	3360	4872	63																			

V6

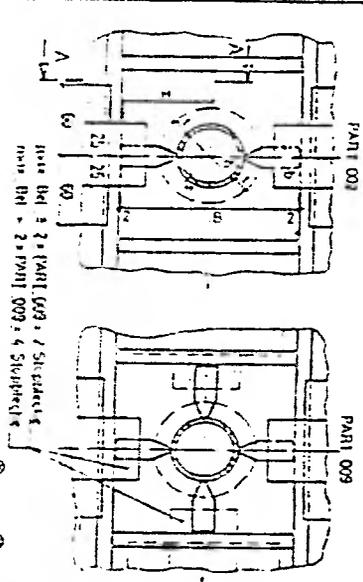


SEE PAGE V8 FOR VM0 SPRINGS
 SEE PAGE V9 FOR VM8 SPRINGS
 SEE PAGE V10 FOR VM9 SPRINGS

SPRING SIZE	MIDTAYVEL LOAD/REV	R ADD SIZE	L CASE LENGTH	P CASE DIAM	W HOLE DIAM	E EDGE DISTANCE	T LUC THICKNESS	LUC WEIGHT	G LUC GAP	L1 TURN BUCKLE PROJECTION	T2 ADD TAKEOUT		WEIGHT (APPROX) LBS	MIN R H ENDS LENGTH SEE B	SPRING SIZE
											VM8	VM9			
00	26	3/8	9 1/4	4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	8 1/4	10 1/4	10	5	00
01	71	3/8	6 1/4	4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	6 1/4	8 1/4	7	5	01
02	100	3/8	6 1/4	4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	6 1/4	8 1/4	8	5	02
03	128	3/8	6 1/4	4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	5 1/4	8 1/4	9	5	03
04	166	3/8	6 1/4	5 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	6 1/4	8 1/4	12	5	04
05	223	3/8	6 1/4	5 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	6 1/4	8 1/4	14	5	05
06	299	3/8	6 1/4	5 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1	1 1/4	5 1/4	8 1/4	15	5	06
07	399	3/8	8 1/4	6 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1 1/4	1 1/4	8 1/4	10 1/4	25	6	07
08	532	3/8	8 1/4	6 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1 1/4	1 1/4	8 1/4	10 1/4	27	6	08
09	713	3/8	8 1/4	6 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	2 1/2	1 1/4	1 1/4	7 1/4	9 1/4	30	6	09
10	950	3/8	9 1/4	8 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	3 1/2	1 1/4	2	9 1/4	12 1/4	60	6	10
11	1235	3/8	9 1/4	8 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	3 1/2	1 1/4	1 1/4	8 1/4	11 1/4	65	6	11
12	1615	3/8	9 1/4	8 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	3 1/2	1 1/4	1 1/4	8 1/4	11 1/4	60	6	12
13	2138	1	11 1/4	8 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	3 1/2	1 1/4	2 1/4	10 1/4	14 1/4	65	6	13
14	2850	1	11 1/4	8 1/4	1 1/4	1 1/2	3/8	3 1/2	1 1/4	1 1/4	9 1/4	17 1/4	80	6	14
15	3800	1 1/2	13 1/4	8 1/4	1 1/4	2 1/2	3/8	5	2	1 1/4	11 1/4	16 1/4	85	7	15
16	5130	1 1/2	13 1/4	8 1/4	1 1/4	2 1/2	3/8	5	2	1 1/4	11 1/4	16 1/4	100	7	16
17	7125	1 1/2	16 1/4	8 1/4	1 1/4	2 1/2	3/8	5 1/2	2 1/4	1 1/4	13 1/4	17 1/4	125	8	17
18	9500	1 1/2	19 1/4	8 1/4	2	2 1/2	3/8	5 1/2	2 1/4	1 1/4	17 1/4	21 1/4	155	8	18
19	12635	2	20 1/4	12 1/4	2 1/2	3 1/2	1	6 1/4	3	2	17 1/4	22 1/4	305	9	19
20	16815	2 1/2	22 1/4	12 1/4	2 1/2	3 1/2	1	6 1/4	3 1/2	2 1/4	18 1/4	24 1/4	350	9	20
21	22325	2 1/2	25 1/4	12 1/4	2 1/2	3 1/2	1 1/4	8	3 1/2	2 1/4	22 1/4	28 1/4	460	10	21
22	29688	2 1/2	29 1/4	12 1/4	3 1/2	4	1 1/4	8 1/2	3 1/2	2 1/4	25 1/4	32 1/4	530	11	22
23	39591	3	36 1/4	12 1/4	3 1/2	4 1/2	1 1/4	9 1/2	4 1/2	3	32 1/4	40 1/4	690	11	23

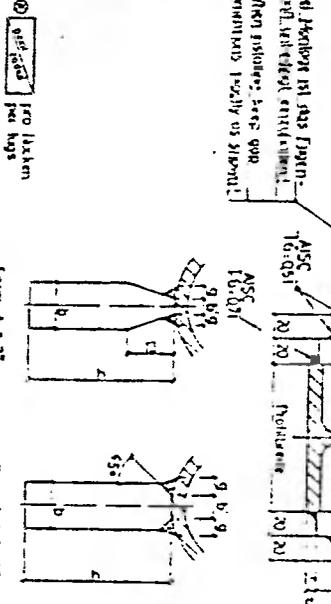
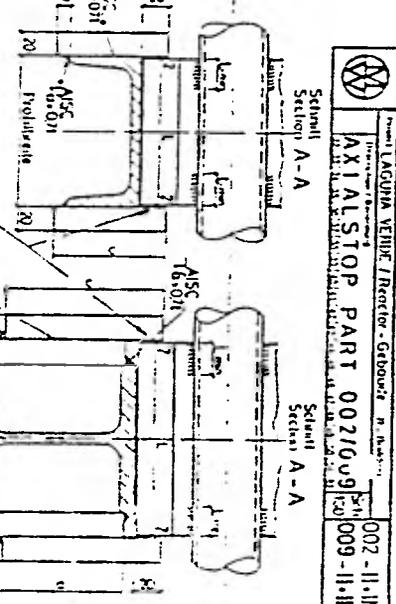
-120-

5.- AXIALSTOP PART.



No. s	d / s	Beschreibung	Höhe		Länge		PART 009 max. Bel.	PART 009 max. Bel.
			h	H	b	B		
1	316/556	754	715	57	25	47	15	9
2	316/636	754	842	58	116	41	13	3,4
3	316/716	754	931	59	153	42	12	3,4
4	316/894	754	1111	60	185	44	11	3,4
5	316/952	801	1482	62	166	47	10	3,4
6	316/1112	801	1551	63	186	49	10	3,4
7	316/1291	801	1705	64	205	51	10	3,4

No. s	d / s	Beschreibung	Höhe		Länge		PART 009 max. Bel.	PART 009 max. Bel.
			h	H	b	B		
1	316/556	754	715	57	25	47	15	9
2	316/636	754	842	58	116	41	13	3,4
3	316/716	754	931	59	153	42	12	3,4
4	316/894	754	1111	60	185	44	11	3,4
5	316/952	801	1482	62	166	47	10	3,4
6	316/1112	801	1551	63	186	49	10	3,4
7	316/1291	801	1705	64	205	51	10	3,4



No. s	d / s	Beschreibung	Höhe		Länge		PART 009 max. Bel.	PART 009 max. Bel.
			h	H	b	B		
1	316/556	754	715	57	25	47	15	9
2	316/636	754	842	58	116	41	13	3,4
3	316/716	754	931	59	153	42	12	3,4
4	316/894	754	1111	60	185	44	11	3,4
5	316/952	801	1482	62	166	47	10	3,4
6	316/1112	801	1551	63	186	49	10	3,4
7	316/1291	801	1705	64	205	51	10	3,4

Form A-A 7" Form II 2 1/2"

Material: SA 16 B (CI 7-3)

002-11-III
 AXIALSTOP PART 0021609
 009-11-III

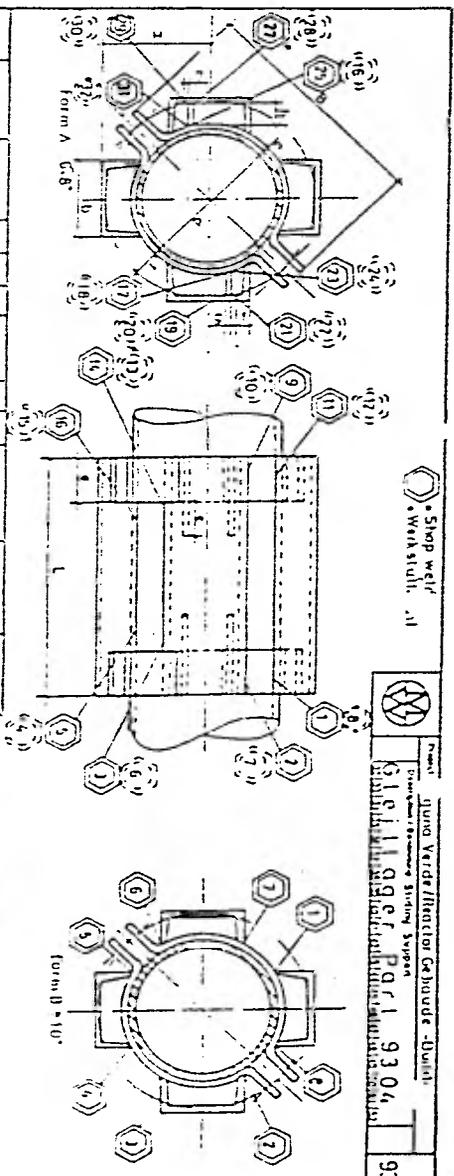
Bei Arbeiten mit dem Axialstop sind die folgenden Vorschriften zu beachten:
 1. Die Axialstoppe muss immer vollständig geschlossen sein.
 2. Die Axialstoppe muss immer vollständig geschlossen sein.
 3. Die Axialstoppe muss immer vollständig geschlossen sein.

-122-

6.- GLEIT LAGER O APOYO DESLIZANTE.

Shop wall
Werkstoff: Al

Project: Jung Verdrücker Gehäuse - Bunt
 Drawing: 9304-L
 Page: 9304-L
 Title: 9304-L



Page	Insulation	H	L	B	Ø	R	Weight	Load
Reibring	Reibring	mm	mm	mm	mm	mm	kg	mm
6" 159	263	121	228	110	9	38	35	0
8" 220	314	160	350	134	11	41	15	70
10" 272	372	197	434	160	13	47	25	141
12" 326	434	241	510	180	15	50	31	209
14" 386	502	290	600	210	17	53	39	285
16" 452	572	340	700	240	19	56	49	374
18" 524	648	390	810	270	21	59	61	476
20" 600	730	440	930	300	23	62	75	592
22" 680	818	490	1060	330	25	65	91	724
24" 764	912	540	1200	360	27	68	108	872
26" 852	1012	590	1350	390	29	71	127	1036
28" 944	1118	640	1510	420	31	74	148	1216
30" 1040	1230	690	1680	450	33	77	171	1412

This Standard is valid for:
 Dress Forming
 1 Piping without insulation
 2 Piping with insulation class D
 3 Piping with insulation class C from 24"
 4 Piping with insulation class C ab 24"

Direction of loading

Material: 1.4301
 Dimensions: 5A-16
 Insulation: 5A-36
 Drawing: 9304-L
 Title: 9304-L

-121-

ANEXO 3 .
EJEMPLO DE SOPORTE
ISOSTATICO .



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 1
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

HOJA DE PORTADA DEL CALCULO NO. J-LCS-U1055

IDENTIFICACION 5169 1975

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS POR NUEVAS CARGAS

REV.	DESCRIPCION DE LA REVISION.	CALCULO FECHA	REVISO FECHA	APROBO FECHA	NOTAS:
0	Revisión del soporte por nuevas cargas	F.N. Jul. 82	J.L.C. Jul 82	J.L.C. Jul 82	Soporte interaccionado con J-LCS-U1079



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 13
 CALCULO F.N.
 REVISO L.C.
 FECHA Julio de 62

IDENTIFICACION # CALCULO 5169
 PUNTO DE SOPORTE 1975

I N D I C E

1 .-	INDICE	Hoja <u>1</u>
2 .-	LISTA DE VERIFICACION	Hoja <u>2</u>
3 .-	CARGAS EN EL SOPORTE	Hoja <u>3</u>
4 .-	MODELO Y ANALISIS ESTRUCTURAL	Hoja <u>4</u>
5 .-	COMPONENTES DE CATALOGO	Hoja <u>5</u>
6 .-	PROPIEDADES Y ACEPTACION ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DEL SOPORTE	Hoja <u>6</u>
7 .-	ANALISIS DE SOLDADURAS	Hoja <u>8</u>
8 .-	RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL	Hoja <u>12</u>
9 .-	PLACAS BASE Y ANCLAJES	Hoja <u>9</u>
10 .-	REACCIONES DEL SOPORTE EN LA ESTRUCTURA EXISTENTE	Hoja <u>11</u>
11 .-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL SOPORTE	Hoja <u>13</u>

A N E X O S

DIBUJO DEL SOPORTE 1-LCS-U1055
Plano del soporte 1-LCS-U1055



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 2 DE 13
 CALCULO F.N.
 REVISO S.L.C.
 FECHA Jul. 82

LISTA DE VERIFICACION DE DATOS DE DISEÑO

IDENTIFICACION

CALCULO 5169

PUNTO DE SOPORTE 1975

DATOS GENERALES

SISTEMA LCS

ISOMETRICO LCS-2147-7 REV. 2

LISTADO DE CARGAS. 5169 02/11/81 DE PAG. 517 A 724

DIBUJO DE SOPORTE 1-LCS-U1055 REV. 3

FABRICANTE NPS Indusry. LISTA DE MATERIALES en el plano

NUM. DE HOJAS DIBUJO 2

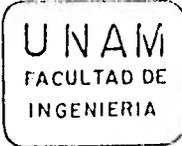
ESTADO DE REVISION DE DIBUJO 2

ESTADO DE REVISION DE FABRICACION 2

REVISION DE DIBUJO	REVISION DE FABRICACION
① Sin comentarios. Enviar dibujo al vendedor.	① PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
② Comentarios incluidos. Enviar dibujo al vendedor.	② PROCEDAN. Envíen reproducible adicional.
③ Dibujo no aplicable. Enviar dibujo al vendedor.	③ NO PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
④ Sin comentarios. No se envíe dibujo al vendedor.	④ NO PROCEDAN. Envíen reproducible adicional
⑤ Solo para información.	

COMENTARIOS:

La lista de materiales está incluida en el plano.



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA
 HOJA 3 DE 13
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul, 82

IDENTIFICACION 5169 1975

CARGAS ORIGINALES (dibujo)

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)		
	Fx	Fy	Fz	Δx	Δy	Δz
Prueba	0	-57.14	0	0	0	0
Emergencia	0	±114.29	0	0	0	0
Diseño	0	±75.69	0	±9.78	±2.90	±5.18

CARGAS DE EVALUACION (listado de computadora). PAGINAS

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)			FZA. FRIC- CION. (Kg)	
	Fx	Fy	Fz	Δx	Δy	Δz	F	F
NORMAL (Comb. 720)	1b	±100.68	-	0.271 P	0.114 P	0.207 P	±40.27	±40.27
ALTERADA (Comb. 730)	1b	±215.42	-	0.610 P	0.123 P	0.412 P	±86.17	±86.17
EMERGENCIA (Comb. 740)	1b	±280.72	-	0.711 P	0.150 P	0.617 P	±112.29	±112.29
EMERGENCIA* EQUIVALENTE		±211.07					±84.43	±84.43
CARGA DE EVALUACION		±215.42					±86.17	±86.17

* Comb. 740/1.33 ; NF-3231.1

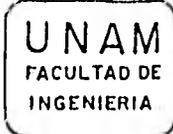
SOPORTES DESLIZANTES. Carga por fricción en la dirección no restringida.

$$F_{\text{friccion}} = \mu \cdot \text{Carga Normal (Fx, Fy ó Fz)}$$

$$\mu = 0.40$$

- Fuerza (lb) / 2.205 = Fuerza (Kg)
- Desplazamiento (pulg) x 25.4 = Desp. (mm)
- Fuerza (N) / 9.81 = Fuerza (Kg)

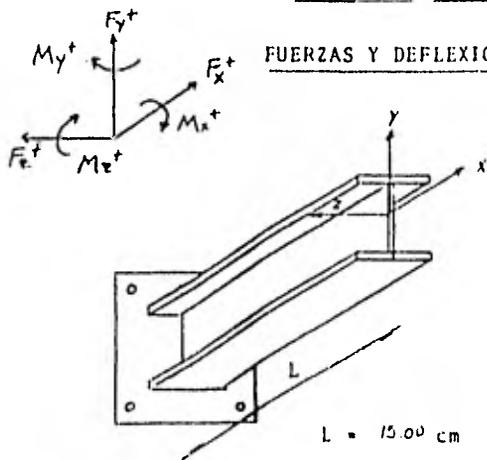
NOTAS: _____



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 13
 CALCULO F.A.I
 REVISO J.L.C
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5167 1975 ELEMENTO 1



FUERZAS Y DEFLEXIONES DE VIGAS EN CANTILIVER

- $F_x = 86.17 \text{ Kg.}$
- $F_y = 215.42 \text{ Kg.}$
- $F_z = 16.17 \text{ Kg.}$
- $M_x = 437.74 \text{ Kg-cm}$
- $M_y = - \text{ Kg-cm}$
- $M_z = 127.55 \text{ Kg-cm}$
- $E = 1,900,000 \text{ Kg/cm}^2$
- $I_y = 501.17 \text{ cm}^4$
- $I_z = 501.17 \text{ cm}^4$
- $A_x = 35.10 \text{ cm}^2$
- $G = 730,000 \text{ Kg/cm}^2$
- $\alpha_z = 2.23$
- $\alpha_y = 2.23$

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO.

$$R_y = M_y + F_z L = 0 + 16.17(15) = 242.55 \text{ Kg-cm}$$

$$M_z = M_z + F_y L = 437.74 + 215.42(15) = 3669.04 \text{ Kg-cm}$$

DEFLEXIONES

$$\Delta_x = \frac{F_x L}{A_x E} = \frac{86.17(15)}{35.10(19 \times 10^5)} = 1.94 \times 10^{-5} \text{ cm.}$$

$$\Delta_y = \frac{F_y L^3}{3EI_z} + \frac{M_z L^2}{2EI_z} + \frac{\alpha_y F_y L}{A_x G} = \frac{215.42(15)^3}{3(19 \times 10^5)(501.17)} + \frac{3669.04(15)^2}{2(19 \times 10^5)(501.17)} + \frac{2.23(215.42)(15)}{35.10(730000)} = 2.75 \times 10^{-4} + 4.52 \times 10^{-4} + 2.21 \times 10^{-4} = 0.00094 \text{ cm}$$

$$\Delta_z = \frac{F_z L^3}{3EI_y} + \frac{M_y L^2}{2EI_y} + \frac{\alpha_z F_z L}{A_x G} = \frac{16.17(15)^3}{3(19 \times 10^5)(501.17)} + \frac{182.55(15)^2}{2(19 \times 10^5)(501.17)} + \frac{2.23(16.17)(15)}{35.10(730000)} = 1.02 \times 10^{-4} + 1.53 \times 10^{-4} + 1.12 \times 10^{-4} = 0.000367 \text{ cm}$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 5 DE 13
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 12

IDENTIFICACION 5169-1975

COMPONENTES DE CATALOGO

FUERZAS ACTUANTES Y PERMISIBLES EN Kg.

Nº DE PARTE	COMPONENTE	CARGAS ACTUANTES		CARGAS PERMISIBLES	
		NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA	NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA
1	PDC - 015 - 0205	± 215.42	± 250.72	(1130.0 lb)	(1500.0 lb)
	NPSI - 79 - Parte II			± 512.47 kg	± 680.27 kg
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)

CARGAS ACTUANTES < CARGAS PERMISIBLES SI

NOTAS: Se tomaron las cargas actuantes directamente
del listado de computadores, mientras que las permisibles
fueron tomadas del catalogo NPSI - 79 Parte II

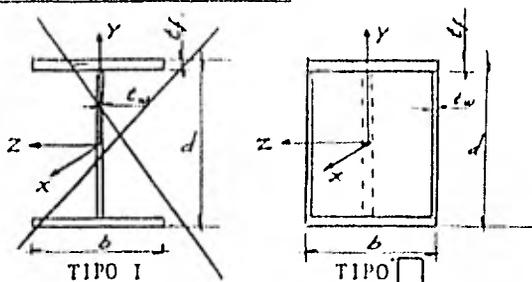


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 6 DE 13
 CALCULO
 REVISO J.L.C.
 FECHA 7.1.82

IDENTIFICACION 5169 1775 ELEMENTO 4

PROPIEDADES DE LA SECCION



DATOS: d, b, ty, tw ; Perfil Tipo tubular cuadrada

10.16, 10.16, 0.953, 0.953

L = cm.

$A_x = 35.10$ cm ²	$I_y = 501.17$ cm ⁴	$I_z = 501.17$ cm ⁴
$R = 743.75$ cm ⁴	$S_y = 91.60$ cm ³	$S_z = 91.60$ cm ³
$\alpha_y = 2.23$	$\alpha_z = 2.23$	$r_{min} = 2.78$ cm
$K = 2$	$\frac{K L}{r_{min}} = 11.66$	$r_t = \text{---}$ cm
$\frac{L}{r_t} = \text{---}$	$\frac{L}{b} = 3$	

FUERZAS ACTUANTES

AXIAL	FLEXION Y CORTANTE	TORSION
$F_x = 86.17$ Kg;	$F_y = 25.92$ Kg ; $F_z = 56.17$ Kg. $M_y = 1257.55$ Kg-cm ; $M_z = 3669.07$ Kg-cm.	$M_x = 477.74$ Kg-cm

ESFUERZOS ACTUANTES

AXIAL
 $f_a = \frac{F_x}{A_x} = \frac{86.17}{35.10} = 2.45$ Kg/cm²

FLEXION + TORSION
 $f_b = \frac{M_x B}{2 S_y} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{477.74}{2 \cdot 91.60} + \frac{1257.55}{91.60} + \frac{3669.07}{91.60} = 50.32$ Kg/cm²
 solo I y C



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 7 DE 13
 CALCULO F.N
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5169 1975 ELEMENTO 4

CORTANTE

$$f_v = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\alpha_y F_y}{A_x} + \frac{M_y t_{zmax}}{R C_y} \\ \frac{\alpha_z F_z}{A_x} + \frac{M_x t_{ymax}}{R C_z} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.23 \times 215.42}{35.10} + \frac{437.74 \times 0.953}{2(10.16)^2 (0.953)^2} \\ \frac{2.23 \times 86.17}{35.10} + \frac{437.74 \times 0.952}{2(10.16)^2 (0.952)^2} \end{array} \right\} =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 15.91 \\ 7.70 \end{array} \right\} = 15.91 \text{ Kg/cm}^2$$

Fórmulas de torsión no válidas para secciones sólidas llenas.

Valores de C_y y C_z para las secciones de pared delgada más usuales se encuentran en el anexo de la presente guía.

el mayor

ESFUERZOS PERMISIBLES		TEMPERATURA = <u>200</u> °C
AXIAL	$F_a = 1100 - 0.032 \left(\frac{KL}{r}\right)^2 = 1092.15$	Kg/cm ² $\frac{KL}{r} \leq 131.5$ ✓
	$F_a = \left(\frac{3100}{KL/r}\right)^2 = \text{---}$	Kg/mc ² $\frac{KL}{r} \geq 131.5$
FLEXION	$F_b = 1250$ Kg/cm ²	Si $\begin{cases} 1, L/r_t \leq 58 \\ 0, L/b \leq 81 \end{cases}$ ✓

Para Secc. con $L/r_t > 58$ y canales cumplir con ASME XVII-2214

CORTANTE $F_v = 0.4 \cdot S_y = 860$ kg/cm²

COMPARACION CORTANTE

$f_v = 15.91 \leq 860$ kg/cm²

COMPRESION, FLEXION

Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{2.45}{1092} + \frac{50.32}{1250} = 0.0022 + 0.04 = 0.042 \leq 1.0$ o.k.

Si $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ cumplir con: (ASME XVII-2215)

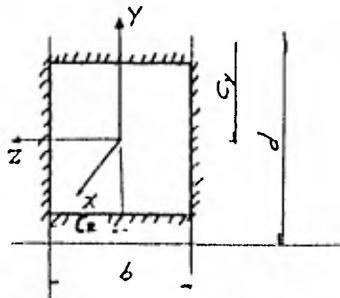


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 2 DE 13
 CALCULO J.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5169 1975 ELEMENTO 4 A ELEMENTO de embibida

SOLDADURAS



- $t_{plano} = 0.625$ cm
- $L_w = 40.64$ cm
- $S_z = 137.63$ cm²
- $S_y = 137.63$ cm²
- $J_x = 1398.36$ cm³
- $C_y = 5.08$ cm
- $C_z = 5.08$ cm
- $b = 10.16$ cm
- $d = 10.16$ cm

- $F_x = 86.17$ Kg.
- $F_y = 215.42$ Kg.
- $F_z = 86.17$ Kg.

- $M_x = 437.74$ Kg-cm.
- $M_y = 1292.53$ Kg-cm.
- $M_z = 3669.64$ Kg-cm.

$$f_t = \frac{F_x}{L_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{86.17}{40.64} + \frac{1292.53}{137.63} + \frac{3669.64}{137.63} = 2.12 + 9.39 + 26.66 = 38.17 \text{ Kg/cm}$$

$$f_v = \sqrt{\left(\frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{86.17}{40.64} + \frac{437.74 \times 5.08}{1398.36}\right)^2 + \left(\frac{215.42}{40.64} + \frac{437.74 \times 5.08}{1398.36}\right)^2} = \sqrt{(3.71)^2 + (6.84)^2} = 7.83 \text{ Kg/cm}$$

$$F_{tot} = \sqrt{f_t^2 + f_v^2} = \sqrt{(38.17)^2 + (7.83)^2} = 38.96 \text{ Kg/cm}$$

DIMENSION DE SOLDADURA

Calculo

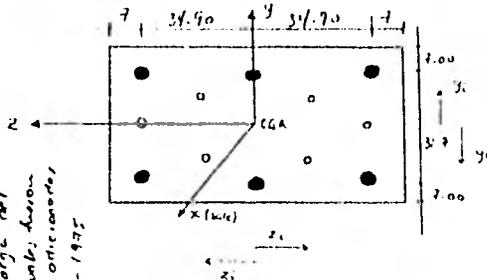
Norma

$$t_s = \frac{F_{tot}}{677} = 0.06 \text{ cm.}$$

$$t_{min.} = 0.5 \text{ cm}$$

IDENTIFICACION 1169 1975 ELEMENTO Placa base embobida

Revisión de Anclas



$$I_z = \sum N_i y_i^2$$

$$I_z = \underline{1507.34} \text{ cm}^2$$

$$I_y = \sum N_i z_i^2$$

$$I_y = \underline{1172.04} \text{ cm}^2$$

$$J_x = I_y + I_z$$

$$J_x = \underline{6379.38} \text{ cm}^2$$

Nota: La placa debe operar en descarga de
 soporte P.N.S.-U1077 Identificación 5171-4745, las cuales fueron
 transferidos al centro de gravedad de las anclas y otros anclajes
 a las dimensiones del soporte P.N.S.-U1077 Identificación 5167-1975

$$F_x = \underline{101.52} \text{ kg} \cdot$$

$$F_y = \underline{86.17} \text{ kg} \cdot$$

$$F_z = \underline{215.42} \text{ kg} \cdot$$

$$M_x = \underline{6392.29} \text{ kg-cm} \cdot$$

$$M_y = \underline{3598.19} \text{ kg-cm} \cdot$$

$$M_z = \underline{1224.34} \text{ kg-cm} \cdot$$

Ni = Número de anclas en el eje i

*Nota.- Las fuerzas y momentos deben estar referidas al centro de gravedad de las anclas.

Ø anclas = $\begin{cases} \text{FUERZAS PERMISIBLES (CFE - LC-20)} \\ \text{FT} = \underline{1360} \text{ kg/ancla} \\ \text{FV} = \underline{680} \text{ kg/ancla} \end{cases}$

$$F_t = \frac{F_x}{N_i} + \frac{M_y z_{max}}{I_y} + \frac{M_z y_{max}}{I_z}$$

$$F_t = \frac{101.52}{6} + \frac{3598.19 (34.90)}{1172.04} + \frac{1224.34 (15.95)}{1507.34}$$

$$F_t = \underline{58.72} \text{ kg/ancla} \leq F_t$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{F_y}{N_i} + \frac{M_x z_{max}}{J_x} \right)^2 + \left(\frac{F_z}{N_i} + \frac{M_x y_{max}}{J_x} \right)^2}$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{86.17}{6} + \frac{6392.19 (34.90)}{6379.38} \right)^2 + \left(\frac{215.42}{6} + \frac{6392.19 (15.95)}{6379.38} \right)^2}$$

$$F_v = \underline{71.52} \text{ kg/ancla} \leq F_v$$

O.K

UNAM
FACULTAD DE
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA
HOJA 10 DE 13
CALCULO F.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul. 12

IDENTIFICACION 5169 1975

INTERACCION TENSION-CORTANTE (conservador)

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{\sqrt{f_{vy}^2 + f_{vz}^2}}{F_v} =$$

$$= \frac{58.72}{1360} + \frac{71.52}{680} = 0.15 \leq 1.0$$

PLACA (conservador)

$$f_b = \frac{6 f_t}{B t_{placa}} \left\{ \begin{matrix} D_y \\ 6 \\ D_z \end{matrix} \right\} = \frac{6 (58.72) (34.90)}{45.7 (1.9)^2} = 74.53$$

el mayor

$$f_b = 74.53 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

O.K.



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 11 DE 13
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 12

IDENTIFICACION 5169 1975

REACCIONES DEL SOPORTE EN
LA ESTRUCTURA EXISTENTE

PUNTO DE DESCARGA	F _x (Kg)	F _y (Kg)	F _z (Kg)	M _x (Kg-cm)	M _y (Kg-cm)	M _z (Kg-cm)	ELEMENTO QUE DESCARGA	HOJA
* Al centro de la placa	101.52	215.42	86.17	6392.37	1524.34	3598.19	4	9

* Incluye la descarga de los dos soportes relacionados:
I-ICS-UM79 y T-ICS-UM55

Las descargas del soporte son las máximas, sin importar la condición de carga.

La orientación de fuerzas y momentos es la del dibujo del soporte.

Las fuerzas y momentos indicados corresponden a la condición de carga Emergencia equiv., correspondiente a la comb. 7to/1.33

Las reacciones no incluyen el peso propio del soporte.



TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.

FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 12 DE 13
CALCULO I.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5169-1975

RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL

CALCULO DE W

- PESO DE TUBERIA (llena) Y AISLANTE = 13.92 Kg.
- PESO DE ELEMENTOS UNIDOS A LA TUBERIA (VALVULAS, etc.) = 108.96 Kg.
- PESO DEL SOPORTE = 14.18 Kg.
- PESO DE MISCELANEOS (HERRAJES, etc) = 1.42 Kg.
-
- W = 138.48 Kg.

ELEMENTO	EJE	F (Kg.)	Δ (cm)	K RIGIDEZ		$D_w = \frac{W}{F} \Delta$ (cm)	Tabla II 6 $f = \frac{5}{\sqrt{D_w}}$ (HERTZ)
				real = F/Δ (Kg/cm)	requerida (Kg/cm)		
4	X	.					
	Y	215.42	0.00094	228723.4	21400.00	0.000105	203.20
	Z						
	X						
	Y						
	Z						
	X						
	Y						
	Z						

Notas: Se calcula la rigidez y frecuencia natural unicamente en la direccion marcada como restringida (Hoja 3, 1x-72-0)



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 12 DE 13
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 569 1975

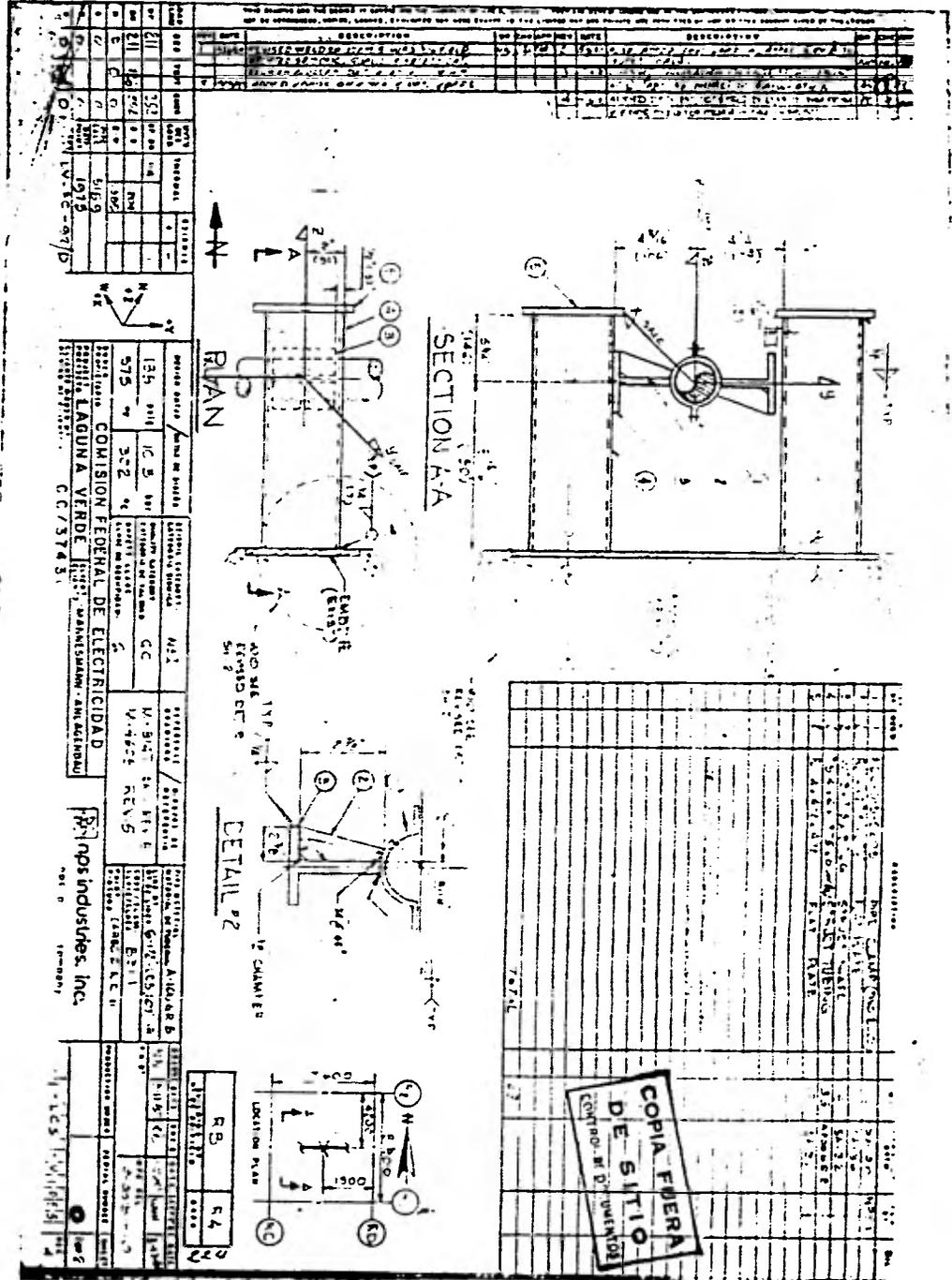
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REVISION DEL SOPORTE POR NUEVAS CARGAS.

El soporte Si es adecuado para cumplir con el comportamiento requerido por resistencia y deformabilidad, siguiendo los lineamientos de diseño indicados en el procedimiento 1LV-01

La frecuencia fundamental calculada es de 203.20 Hertz.

Las descargas del soporte para la revisión de la estructura principal están reportadas en la hoja 11 de esta memoria de cálculo.

El soporte comparte su placa base de apoyo con el soporte
 1 les 5079, Identificación 5171-4745, y son las descargas con-
 juntas de ambos soportes, las que se reportan en la página
 11 de esta memoria. El cálculo de estas reacciones se muestra en
 la memoria de cálculo del mencionado soporte.



ITEM	QUANTITY	DESCRIPTION
1	1	SHAFT
2	1	HUB
3	1	WASHER
4	1	NUT
5	1	SCREW
6	1	KEY
7	1	WASHER
8	1	NUT
9	1	SCREW
10	1	KEY
11	1	WASHER
12	1	NUT
13	1	SCREW
14	1	KEY
15	1	WASHER
16	1	NUT
17	1	SCREW
18	1	KEY
19	1	WASHER
20	1	NUT
21	1	SCREW
22	1	KEY
23	1	WASHER
24	1	NUT
25	1	SCREW
26	1	KEY
27	1	WASHER
28	1	NUT
29	1	SCREW
30	1	KEY
31	1	WASHER
32	1	NUT
33	1	SCREW
34	1	KEY
35	1	WASHER
36	1	NUT
37	1	SCREW
38	1	KEY
39	1	WASHER
40	1	NUT
41	1	SCREW
42	1	KEY
43	1	WASHER
44	1	NUT
45	1	SCREW
46	1	KEY
47	1	WASHER
48	1	NUT
49	1	SCREW
50	1	KEY

135 011 IC 5 101
 575 4 502 4
 1978
 COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
 LAGUNA VERDE
 CC/37431

Principios industries, Inc.
 1978

RB	54	22
54	22	22

COPIA FIBRA
 DE SITIO
 CONTROL DE DOCUMENTOS

-141-

ANEXO 4
EJEMPLO DE SOPORTE HIPERESTÁTICO
ANALIZADO MANUALMENTE.



TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

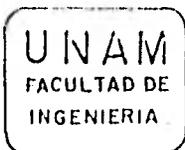
HOJA 1 DE 1
CALCULO F.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 82

HOJA DE PORTADA DEL CALCULO NO. 1-NCCW-4138

IDENTIFICACION 5406 965

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS POR NUEVAS CARGAS

REV.	DESCRIPCION DE LA REVISION.	CALCULO FECHA	REVISO FECHA	APROBO FECHA	NOTAS:
0	Revisión del soporte por nuevas cargas	F.N. Jul 82	J.L.C Jul 82	J.L.C Jul 82	- Adecuado por nuevas cargas -



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

IDENTIFICACION # CALCULO 5406
 PUNTO DE SOPORTE 765

I N D I C E

1 .-	INDICE	Hoja _____
2 .-	LISTA DE VERIFICACION	Hoja _____
3 .-	CARGAS EN EL SOPORTE	Hoja _____
4 .-	MODELO Y ANALISIS ESTRUCTURAL	Hoja _____
5 .-	COMPONENTES DE CATALOGO	Hoja _____
6 .-	PROPIEDADES Y ACEPTACION ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DEL SOPORTE	Hoja _____
7 .-	ANALISIS DE SOLDADURAS	Hoja _____
8 .-	RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL	Hoja _____
9 .-	PLACAS BASE Y ANCLAJES	Hoja _____
10.-	REACCIONES DEL SOPORTE EN LA ESTRUCTURA EXISTENTE	Hoja _____
11.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL SOPORTE	Hoja _____

A N E X O S

DIBUJO DEL SOPORTE 1-NCCW-U1135



TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 2 DE 21
CALCULO FN
REVISO J.L.C.
FECHA Jul. 82

LISTA DE VERIFICACION DE DATOS DE DISEÑO

IDENTIFICACION

A. CALCULO 5406
PUNTO DE SOPORTE 965

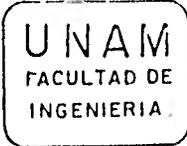
DATOS GENERALES

SISTEMA NCCW
ISOMETRICO NCCW-3140-19 REV. 1
LISTADO DE CARGAS. 5406-11-12-80 DE PAG. 648 A 776

DIBUJO DE SOPORTE 1-NCCW-U1132 REV. 3
FABRICANTE NRS LISTA DE MATERIALES incluida en dibujo
NUM. DE HOJAS DIBUJO 1
ESTADO DE REVISION DE DIBUJO 1
ESTADO DE REVISION DE FABRICACION 1

REVISION DE DIBUJO	REVISION DE FABRICACION
① Sin comentarios. Enviar dibujo al vendedor.	① PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
② Comentarios incluidos. Enviar dibujo al vendedor.	② PROCEDAN. Envíen reproducible adicional.
③ Dibujo no aplicable. Enviar dibujo al vendedor.	③ NO PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
④ Sin comentarios. No se envía dibujo al vendedor.	④ NO PROCEDAN. Envíen reproducible adicional.
⑤ Solo para información.	

COMENTARIOS: Incluye lista de materiales.



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 3 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.G.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5406 965

CARGAS ORIGINALES (dibujo)

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)		
	Fx	Fy	Fz	Δx	Δy	Δz
Diseño	0	204.17	519.0	0.127	0	0
Prueba	0	140.13	10.83	-	-	-
Emergencia	0	319.5	521.54	-	-	-

CARGAS DE EVALUACION (listado de computadora). PAGINAS

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)			FZA. FRIC- CION. (Kg)	
	Fx	Fy	Fz	Δx	Δy	Δz	F _f	F _r
	NORMAL (Comb. 720)	0 lb	388.0 lb	457.0 lb	0.008 p	0 p	0 p	70.38
ALTERADA (Comb. 730)	0	+175.96	±202.25	0.202	0	0	146.4	
EMERGENCIA (Comb. 740)	0 lb	347.0 lb	±589.11 lb	0.237 p	0.022 p	0.309 p	176.5	
EMERGENCIA* EQUIVALENTE	0	±331.78	±649.5				122.71	
CARGA DE EVALUACION	0	±366.0	±649.5				146.4	

* Comb. 740/1.33 ; NF-3231.1

SOPORTES DESLIZANTES. Carga por fricción en la dirección no restringida.

$$F_{\text{friccion}} = \mu \cdot \text{Carga Normal (Fx, Fy ó Fz)}$$

$$\mu = 0.40$$

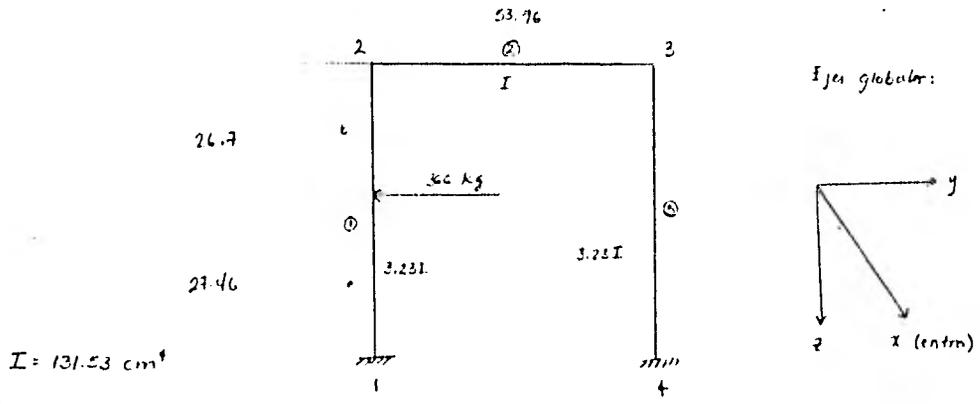
Fuerza (lb) / 2.205 = Fuerza (Kg)

Desplazamiento (pulg) x 25.4 = Desp. (mm)

Fuerza (N) / 9.81 = Fuerza (Kg)

NOTAS: _____

Identificación 5406 - 965



+ Cálculo de factores de distribución

$$k_{21} = k_{31} = \frac{4E(3.231I)}{54.16} = 0.2386 \quad k_{23} = k_{32} = \frac{4I I}{53.76} = 0.0714$$

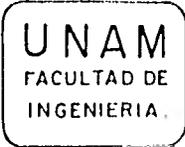
$$\sum K_1 = \sum K_2 = 0.3130$$

$$d_{21} = d_{31} = \frac{0.2386}{0.3130} = 0.76 \quad d_{23} = d_{32} = \frac{0.0714}{0.3130} = 0.24$$

+ Cálculo de Momentos de empotramiento

$$M_{e21} = \frac{Pab^2}{L^2} = \frac{300(27.46)^2(27.46)}{54.16^2} = 2512.09 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_{e12} = \frac{Pab^2}{L^2} = \frac{300(27.46)(27.46)^2}{54.16^2} = 2442.56 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$



TESIS PROFESIONAL

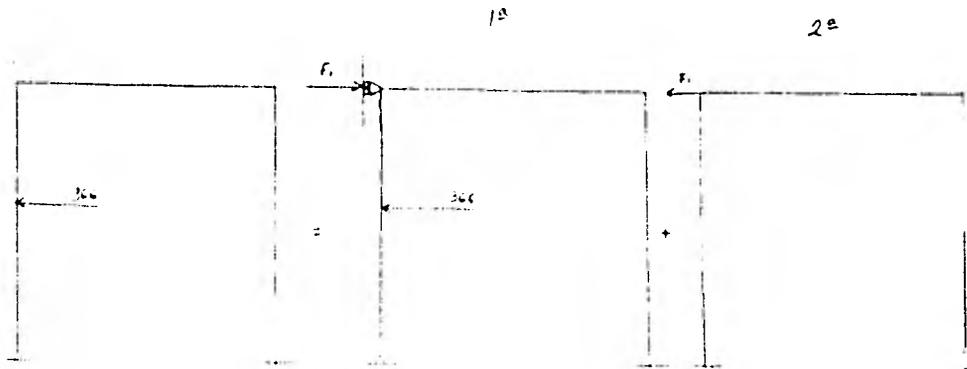
REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERÍAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.

FERNANDO NIETO CASTILLA

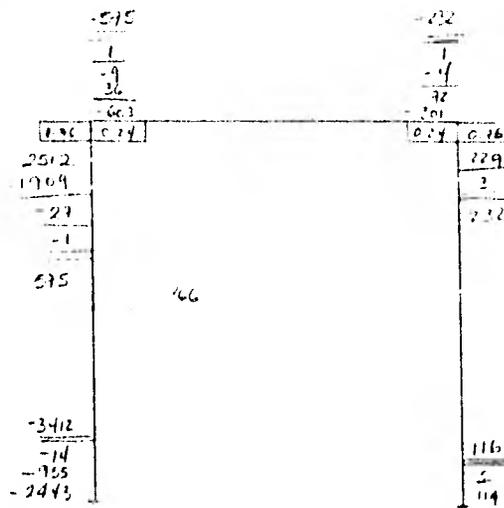
HOJA <u>5</u> DE <u>21</u>
CÁLCULO <u>F.N.</u>
REVISO <u>J.L.C.</u>
FECHA <u>Jul 82</u>

Identificación 5406 - 965

Se tienen los siguientes etapas:



1ª etapa:



Cálculo de fuerza que impide el desplazamiento en el cabezal.

$$241129 = 0$$

$$\frac{575 - 3412 + 366(26.7)}{54.16} = h_1$$

$$h_1 = 123.05$$

$$\frac{232 + 116}{54.16} = h_2 = 6.43$$

$$h = h_1 + h_2$$

$$h = 134.48$$

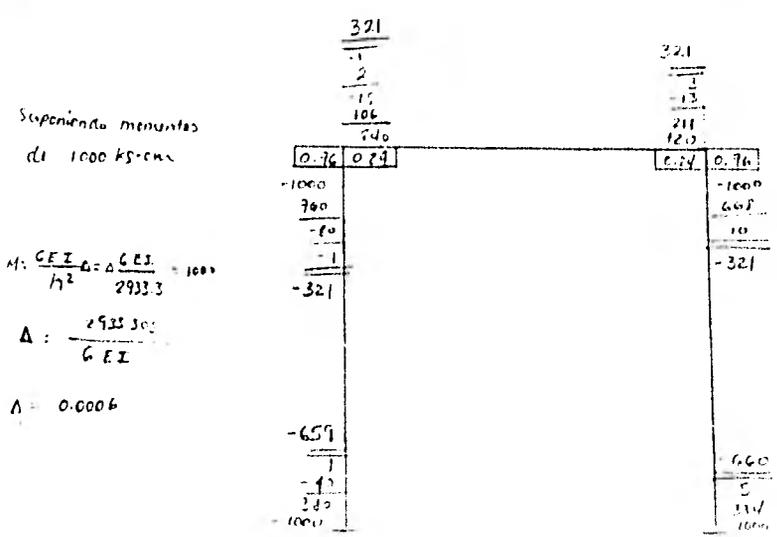


TESIS PROFESIONAL

REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERÍAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 6 DE 21
CALCULO J.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 82

Identificación 5406-965



Fuerza que impide el desplazamiento en el cable

$$h_1 = \frac{-321 - 660}{5416} = -18.11$$

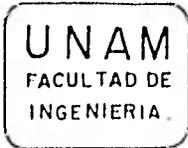
$$h_2 = \frac{-321 - 660}{5416} = 18.11$$

$$h = h_1 + h_2 = -36.22 \text{ kg}$$

$$k = \frac{26.22}{0.0006}$$

$$K = 59779.87$$

$$F.C. = \frac{134.41}{36.22} = 3.71$$



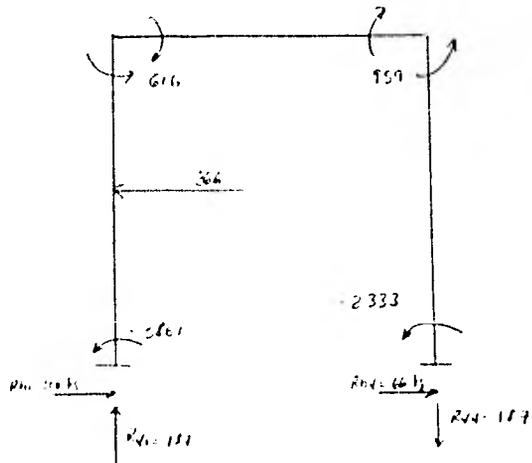
TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 7 DE 21
 CALCULO FN
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

Identificación 5406-965

Momentos totales.

$$\begin{aligned}
 M_{12} &= -3412 + 371(-600) = -5561 \\
 M_{21} &= 575 + 371(-327) = -616 \\
 M_{23} &= -575 + 371(327) = 616 \\
 M_{32} &= -232 + 271(327) = 959 \\
 M_{34} &= 232 + 371(-311) = -959 \\
 M_{43} &= 116 + 271(-600) = -2333
 \end{aligned}$$



$$\frac{+616 + 5561 + 366(267)}{5416} = Rh_1$$

$$Rh_1 = 300$$

$$\frac{-959 + 2333}{5416} = Rh_2$$

$$Rh_2 = 66$$

$$300(2746) = Rv(5276)$$

$$Rv = \frac{300(2746)}{5276} = 157 = Rv_2$$

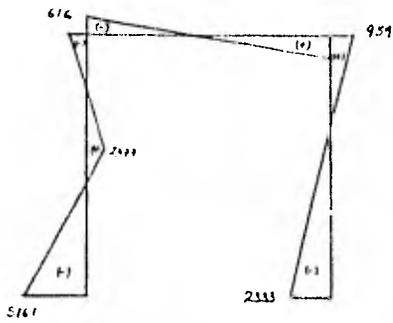


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

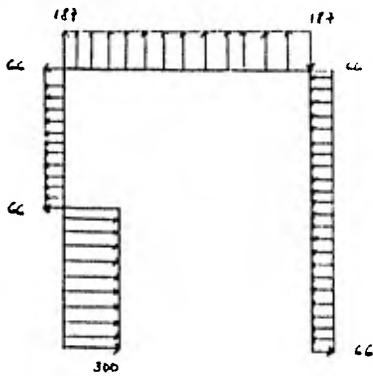
HOJA 1 DE 21
 CALCULO J.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

Identificación 5906-965

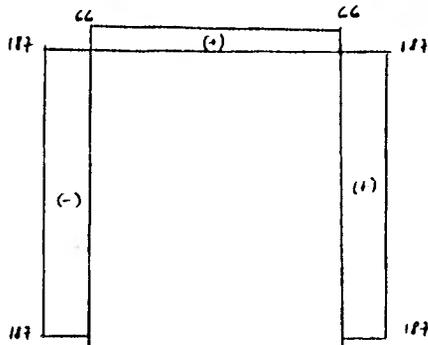
Diagramas



Momentos [kg-cm]



Cortantes [kg]



Normales [kg]



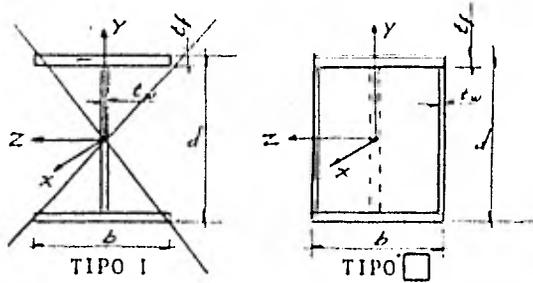
TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 9 DE 21
CALCULO F.N.
REVISO J.L.G.
FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5406 965 ELEMENTO 5

PROPIEDADES DE LA SECCION



DATOS: d, b, t_f, t_w ; Perfil Tipo tubular cuadrado 3/8" x 1/4"
1.62, 1.62, 0.635, 0.635 . $L = 43.6$ cm.

$A_x = 16.71$ cm ²	$I_y = 131.53$ cm ⁴	$I_z = 131.53$ cm ⁴
$R = 217.64$ cm ⁴	$S_y = 34.41$ cm ³	$S_z = 34.41$ cm ³
$\alpha_y = 2.33$	$\alpha_z = 2.33$	$r_{min} = 2.305$ cm
$K = 1$	$\frac{K L}{r_{min}} = 15.54$	$r_t =$ cm
$\frac{L}{r_t} = 15.54$	$\frac{L}{b} = 5.72$	

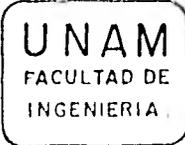
FUERZAS ACTUANTES

AXIAL	FLEXION Y CORTANTE	TORSION
$F_x = 66$ Kg;	$F_y = 187$ Kg ; $F_z = 0$ Kg. $M_y = 0$ Kg-cm ; $M_z = 959$ Kg-cm.	$M_x = 0$ Kg-cm

ESFUERZOS ACTUANTES

AXIAL
 $f_a = \frac{F_x}{A_x} = \frac{66}{16.71} = 3.94$ Kg/cm²

FLEXION + TORSION
 $f_b = \frac{M_x B}{2 S_y} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{0}{34.41} + \frac{0}{34.41} + \frac{959}{34.41} = 28$ Kg/cm²
solo I y C



TESIS PROFESIONAL

REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERÍAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P. N. L. V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 10 DE 21
CALCULO F.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5406 765 ELEMENTO 5

CORTANTE

$$f_v = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\alpha_1 F_1}{A_x} + \frac{M_x t_{zmax}}{R C_y} \\ \frac{\alpha_2 F_2}{A_x} + \frac{M_x t_{ymax}}{R C_z} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.33 \times 137}{16.71} \\ \dots \end{array} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} 26.07 \\ 0 \end{array} \right\} = 26.07 \text{ Kg/cm}^2$$

Fórmulas de torsión no válidas para secciones sólidas llenas.

Valores de C_y y C_z para las secciones de pared delgada más usuales se encuentran en el anexo de la presente guía.

el mayor

ESFUERZOS PERMISIBLES		TEMPERATURA = <u>66</u> °C
AXIAL	$F_a = 1100 - 0.032 \left(\frac{KL}{r} \right)^2 = 1092.3$	Kg/cm ² $\frac{KL}{r} \leq 131.5$
	$F_a = \left(\frac{3100}{KL/r} \right)^2 = \dots$	Kg/cm ² $\frac{KL}{r} > 131.5$
FLEXION	$F_b = 1250 \text{ Kg/cm}^2$	Si $\begin{cases} I, L/r_t \leq 58 \\ \square, L/b \leq 81 \end{cases}$

Para Secc. con $L/r_t > 58$ y canales cumplir con ASME XVII-2214

CORTANTE $F_v = 0.4 \cdot S_y = 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPARACION CORTANTE

$f_v = 26.07 \leq 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPRESION, FLEXION

Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{3.94}{1092.3} + \frac{28}{1250} = 0.0036 + 0.0224 = 0.026 \leq 1.0$

Si $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ cumplir con: (ASME XVII-2215)

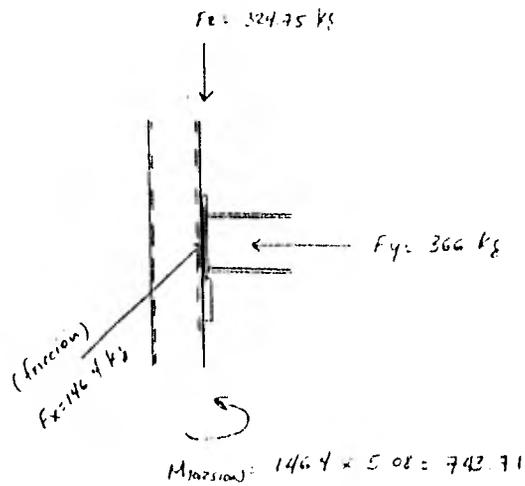


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 11 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

Identificación 5406 - 965

obtención de elementos mecánicos para elemento 5.



$$M_y = \text{Momento} + 324.75 \times 5.08$$

$$M_y = 5861.4164973 = 7510.73$$

$$F_{total} = F_x \text{ diagrama} + F_x$$

$$F_{total} = 187 + 324.75 = 513.75$$

$$M_y = 7 \times (27.46) = 146.4 (27.46) = 4020$$



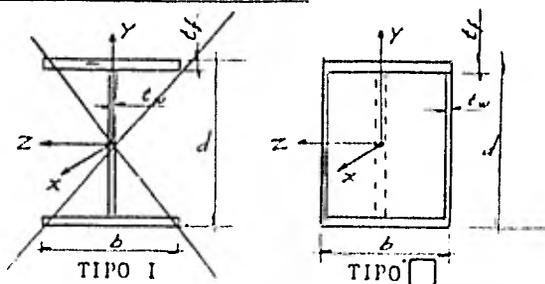
TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 12 DE 21
CALCULO F.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul. 82

IDENTIFICACION 5406 965 ELEMENTO 9

PROPIEDADES DE LA SECCION



DATOS: d, b, t_f, t_w ; Perfil Tipo Tubular cuadrado 4"x4"x0.315"
1016, 1016, 0.95, 0.95 $L = 65.6$ cm.

$A_x = 31.94$ cm ²	$I_y = 424.56$ cm ⁴	$I_z = 424.56$ cm ⁴
$R = 742.17$ cm ⁴	$S_y = 83.57$ cm ³	$S_z = 83.57$ cm ³
$\alpha_y = 2.39$	$\alpha_z = 2.39$	$r_{min} = 3.66$ cm
$K = 1.2$	$\frac{K L}{r_{min}} = 17.92$	$r_t = -$ cm
$\frac{L}{r_t} = -$	$\frac{L}{b} = 6.45$	

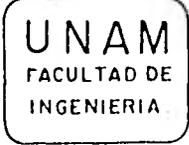
FUERZAS ACTUANTES

AXIAL	FLEXION Y CORTANTE	TORSION
$F_x = 513.75$ Kg;	$F_y = 366$ Kg ; $F_z = 146.4$ Kg. $M_y = 4020$ Kg-cm ; $M_z = 7510.73$ Kg-cm.	$M_x = 743.71$ Kg-cm

ESFUERZOS ACTUANTES

AXIAL
 $f_a = \frac{F_x}{A_x} = \frac{513.75}{31.94} = 16.08$ Kg/cm²

FLEXION + TORSION
 $f_b = \frac{M_x b}{2 S_y} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = - + \frac{4020}{83.57} + \frac{7510.73}{83.57} = 138$ Kg/cm²
solo I_y & I_z



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 13 DE 31
 CALCULO J.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 12

IDENTIFICACION 5406 965 ELEMENTO 7

CORTANTE

$$f_v = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\alpha_y F_y}{A_x} + \frac{M_x t_{zmax}}{RC_y} \\ \frac{\alpha_z F_z}{A_x} + \frac{M_x t_{ymax}}{RC_z} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{239 \times 366}{31.94} + \frac{24271 \times 0.95}{36.67} \\ \frac{239 \times 1464}{31.94} + \frac{24271 \times 0.95}{36.67} \end{array} \right\} =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 46.65 \\ 30.22 \end{array} \right\} = 46.65 \text{ kg/cm}^2$$

Fórmulas de torsión no válidas para secciones sólidas llenas.

Valores de C_y y C_z para las secciones de pared delgada más usuales se encuentran en el anexo de la presente guía.

el mayor

ESFUERZOS PERMISIBLES		TEMPERATURA = <u>66</u> °C
AXIAL	$F_a = 1100 \cdot 0.032 \left(\frac{KL}{r}\right)^2 = 1089.7 \text{ kg/cm}^2$	$\frac{KL}{r} \leq 131.5$
	$F_a = \left(\frac{3100}{KL/r}\right)^2 = \dots \text{ kg/cm}^2$	$\frac{KL}{r} \geq 131.5$
FLEXION	$F_b = 1250 \text{ kg/cm}^2$	Si $\begin{cases} I, L/r_t \leq 58 \\ \square, L/b \leq 81 \end{cases}$

Para Secc. con $L/r_t > 58$ y canales cumplir con ASME XVII-2214

CORTANTE $F_v = 0.4 \cdot S_y = 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPARACION CORTANTE:

$f_v = 46.65 \leq 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPRESION, FLEXION

Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{16.08}{1089.7} + \frac{138}{1250} = 0.0148 + 0.1104 = 0.1252 \leq 1.0$

Si $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ cumplir con: (ASME XVII-2215)



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 14 DE 31
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.G.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5406 - 960

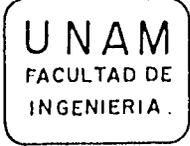
COMPONENTES DE CATALOGO

FUERZAS ACTUANTES Y PERMISIBLES EN Kg.

Nº DE PARTE	COMPONENTE	CARGAS ACTUANTES		CARGAS PERMISIBLES	
		NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA	NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA
1	PDC -030- 0424	F _z = 649.5 F _y = 366	864	(4225 lb)	(5619.3 lb)
	Pipe Clamp			1916	2548.4
	NPS Ind. w = 21.59 lbs			(1b)	(1b)
		Futil. = 33%		(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)

CARGAS ACTUANTES < CARGAS PERMISIBLES si

NOTAS: _____

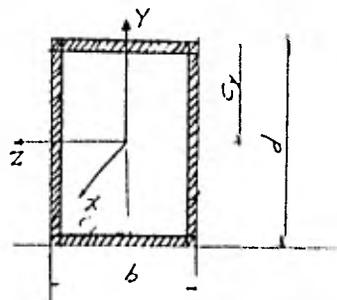


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 15 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5/02 965 ELEMENTO 9 A ELEMENTO 6

SOLDADURAS



$F_x = 513.35 \text{ Kg.}$
 $F_y = 300 \text{ Kg.}$
 $F_z = 146.4 \text{ Kg.}$

$t_{plano} = 0.8 \text{ cm}$
 $L_w = 40.64 \text{ cm.}$
 $S_z = 137.63 \text{ cm}^2$
 $S_y = 137.63 \text{ cm}^2$
 $J_x = 1398.4 \text{ cm}^3$
 $C_y = 5.08 \text{ cm.}$
 $C_z = 5.08 \text{ cm.}$
 $b = 10.16 \text{ cm.}$
 $d = 10.16 \text{ cm.}$

$M_x = 371.85 \text{ Kg-cm.}$
 $M_y = 4020 \text{ Kg-cm.}$
 $M_z = 6604.71 \text{ Kg-cm. } \left\{ \frac{5001 + 146.4 \times 10.16}{2} \right\}$

$$f_t = \frac{F_x}{L_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{513.35}{40.64} + \frac{4020}{137.63} + \frac{6604.71}{137.63}$$

$$= 12.64 + 29.20 + 47.98 = 89.83 \text{ Kg/cm}$$

$$f_v = \sqrt{\left(\frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x} \right)^2 + \left(\frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x} \right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{146.4}{40.64} + \frac{371.85 \times 5.08}{1398.4} \right)^2 + \left(\frac{300}{40.64} + \frac{371.85 \times 5.08}{1398.4} \right)^2}$$

$$= \sqrt{(4.95)^2 + (8.73)^2} = 10.03 \text{ Kg/cm}$$

$$F_{tot} = \sqrt{f_t^2 + f_v^2} = \sqrt{(89.83)^2 + (10.03)^2} = 90.38 \text{ Kg/cm}$$

DIMENSION DE SOLDADURA

Calculo

Norma

$$t_s = \frac{F_{tot}}{677} = 0.13 \text{ cm.}$$

$$t_{min.} = 0.8 \text{ cm}$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA
 HOJA 16 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5406-965

RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL

CALCULO DE W

PESO DE TUBERIA (llena) Y AISLANTE	= 141	2743 Kg.
PESO DE ELEMENTOS UNIDOS A LA TUBERIA (VALVULAS, etc.)	= -	- Kg.
PESO DEL SOPORTE	= 486	486 Kg.
PESO DE MISCELANEOS (HERRAJES, etc)	= 4.7	4.7 Kg.
<hr/>		
W	= 194.5	322.8 Kg.

ELEMENTO	EJE	F (Kg.)	Δ (cm)	K RIGIDEZ		$D_w = \frac{W}{F} \Delta$ (cm)	Tabla II 6 $f_n = \frac{5}{\sqrt{D_w}}$ (HERTZ)
				real = F/Δ (Kg/cm)	requerida (Kg/cm)		
	X						
	Y	3623	0.0006	59779.97	21400	0.0032	38.09
	Z	1	5.410 ⁻⁴	1.85 x 10 ⁶	21400	0.0002	375.64
	X						
	Y						
	Z						
	X						
	Y						
	Z						

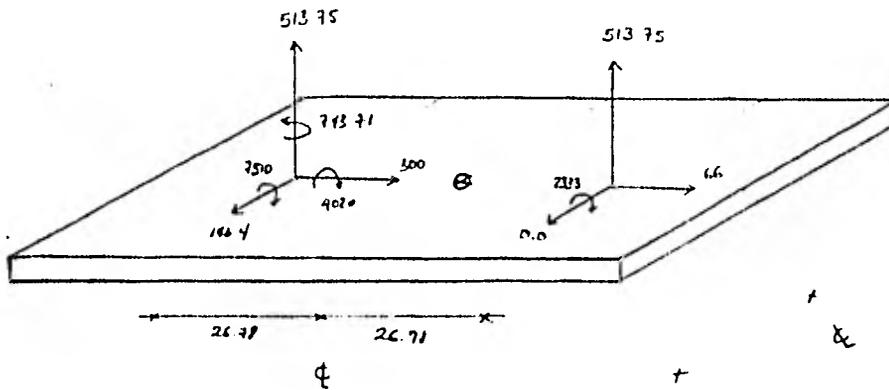
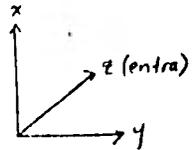
Nota: La dirección X no se calcula por no considerarse como restricción



TESIS PROFESIONAL
 REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 17 DE 21
 CALCULO F.N.C.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

Identificación 5906-965



t placa = 1"

Fuerzas y momentos de diseño.

$F_x = 51375 \times 2 = 102750 \text{ kg}$

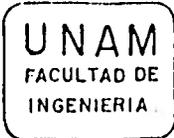
$F_y = 300 + 66 = 366 \text{ kg}$

$F_z = 1464 \text{ kg}$

$M_x = 74371 + 1464(2678) = 466430 \text{ kg-cm}$

$M_y = 4020 \text{ kg-cm}$

$M_z = 7510 + 2333 + 51375(2678 - 2671) = 994575$



TESIS PROFESIONAL

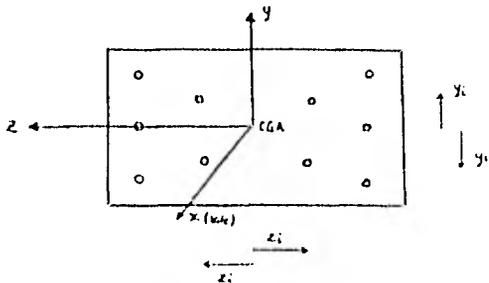
REVISIÓN DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.

FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 18 DE 21
CALCULO F.C.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 80

IDENTIFICACION 5406 965 ELEMENTO Mar. Lora

Revisión de Anclas



$$I_z = \sum Ni y_i^2 = 6(39.5)^2$$

$$I_z = 6241.00 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \sum Ni z_i^2 = 6(20.4)^2$$

$$I_y = 2496.96 \text{ cm}^2$$

$$J_x = I_y + I_z$$

$$J_x = 8737.96 \text{ cm}^2$$

$$F_x = \frac{1027.50}{6} \text{ kg}$$

$$F_y = \frac{366.00}{6} \text{ kg}$$

$$F_z = \frac{146.40}{6} \text{ kg}$$

$$M_x = \frac{4664.30}{6} \text{ kg-cm}$$

$$M_y = \frac{4020.00}{6} \text{ kg-cm}$$

$$M_z = \frac{9945.75}{6} \text{ kg-cm}$$

Ni = Número de anclas en el eje i

*Nota.- Las fuerzas y momentos deben estar referidas al centro de gravedad de las anclas.

$$\phi \text{ anclas} = \begin{cases} \text{FUERZAS PERMISIBLES (CFE - 1C-20)} \\ FT = 1050.00 \text{ kg/ancla} \\ FV = 2040.00 \text{ kg/ancla} \end{cases}$$

$$F_t = \frac{F_x}{N_a} + \frac{M_y z_{max}}{I_y} + \frac{M_z y_{max}}{I_z}$$

$$F_t = \frac{1027.50}{6} + \frac{4020.00}{2496.96} + \frac{9945.75}{6241.00}$$

$$F_t = 174.45 \text{ kg/ancla} \leq FT$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{F_y}{N_a} + \frac{M_x z_{max}}{J_x} \right)^2 + \left(\frac{F_z}{N_a} + \frac{M_x y_{max}}{J_x} \right)^2}$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{366}{6} + \frac{4664.30 \times 20.4}{8737.96} \right)^2 + \left(\frac{146.4}{6} + \frac{4664.30 \times 39.5}{8737.96} \right)^2}$$

$$F_v = 85.07 \text{ kg/ancla} \leq FV$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 19 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5406 965

INTERACCION TENSION-CORTANTE (conservador)

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{\sqrt{f_{vy}^2 + f_{vz}^2}}{F_v} =$$

$$= \frac{174.45}{3080} + \frac{\sqrt{(71.38)^2 + (45.48)^2}}{3040} =$$

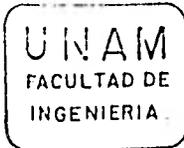
$$= 0.0566 + 0.028 = 0.0846 \leq 1.0$$

PLACA (conservador)

$$f_b = \frac{6 f_t}{B t_{placa}^2} \left\{ \begin{matrix} D_y \\ D_z \end{matrix} \right\} = \frac{6 \times 174.45}{50.8 \times 2.54^2} = 3.19$$

el mayor

$$= 3.19 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 20 DE 21
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

IDENTIFICACION 5406 965

REACCIONES DEL SOPORTE EN
LA ESTRUCTURA EXISTENTE

PUNTO DE DESCARGA	F _x (Kg)	F _y (Kg)	F _z (Kg)	M _x (Kg-cm)	M _y (Kg-cm)	M _z (Kg-cm)	ELEMENTO QUE DESCARGA	HOJA
<u>Base B</u>	<u>146.40</u>	<u>366.00</u>	<u>1027.50</u>	<u>4664.30</u>	<u>4020.00</u>	<u>9945.75</u>	<u>9, 9</u>	<u>12</u>

Las descargas del soporte son las máximas, sin importar la condición de carga.

La orientación de fuerzas y momentos es la del dibujo del soporte.

Las fuerzas y momentos indicados corresponden a la condición de carga Emerg. equivalente, correspondiente a la comb. 740/1.33

Las reacciones no incluyen el peso propio del soporte.



<p>TESIS PROFESIONAL REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V. FERNANDO NIETO CASTILLA</p>	<p>HOJA <u>21</u> DE <u>21</u> CALCULO <u>F.N.</u> REVISO <u>J.L.C.</u> FECHA <u>Jul. 82</u></p>
---	---

IDENTIFICACION 5406 965

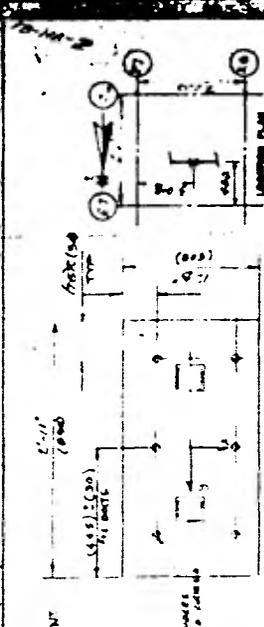
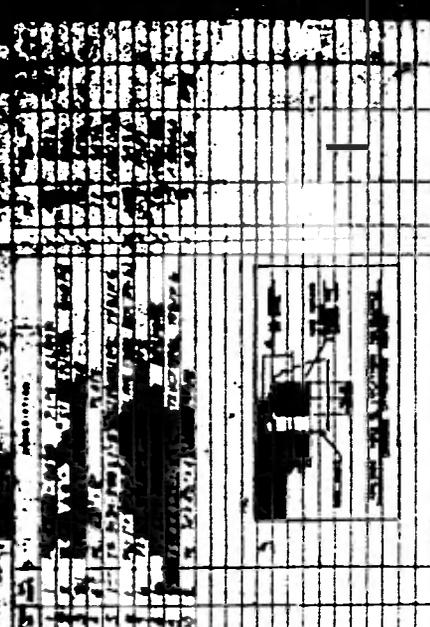
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REVISION DEL SOPORTE POR NUEVAS CARGAS.

El soporte si es adecuado para cumplir con el comportamiento requerido por resistencia y deformabilidad, siguiendo los lineamientos de diseño indicados en el procedimiento ILV-01

La frecuencia fundamental calculada es de 33 Hertz.

Las descargas del soporte para la revisión de la estructura principal están reportadas en la hoja 20 de esta memoria de cálculo.

La simplificación en la aplicación de las fuerzas f_z y f_{xy} (fricción) se justifica por lo reducido de su magnitud, aplicándose en su totalidad y a un mismo punto simultáneamente.



7.8	P-5
7.9	P-5

DETAIL N2

ITEM NO.	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	PRICE	TOTAL
1
2
3
4
5

1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...

ELEVATION LK. WEST

GENERAL NOTES:

- ...
- ...
- ...
- ...
- ...

COMPANY: ...

DATE: ...

SCALE: ...

PROJECT: ...

DESIGNER: ...

CHECKER: ...

APPROVED: ...

NOTES:

...

ANEXO 5
EJEMPLO DE SOPORTE HIPERESTÁTICO.
ANALIZADO POR COMPUTADORA.



TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 1
CALCULO F.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 82

HOJA DE PORTADA DEL CALCULO NO. 1- NCCW-V1078

IDENTIFICACION 5404-1 1623

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS POR NUEVAS CARGAS

REV.	DESCRIPCION DE LA REVISION.	CALCULO FECHA	REVISO FECHA	APROBO FECHA	NOTAS:
0	Revisión de soporte por nuevas cargas	F.N. Jul 82	J.L.C. Jul 82	J.L.C. Jul 82	No adecuado por nuevas cargas



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 17
 CALCULO FN
 REVISO JLC
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION # CALCULO 5701-1
 PUNTO DE SOPORTE 1623

I N D I C E

1 .-	INDICE	Hoja <u>1</u>
2 .-	LISTA DE VERIFICACION	Hoja <u>2</u>
3 .-	CARGAS EN EL SOPORTE	Hoja <u>3</u>
4 .-	MODELO Y ANALISIS ESTRUCTURAL	Hoja <u>4</u> (seanva listado)
5 .-	COMPONENTES DE CATALOGO	Hoja <u>5</u>
6 .-	PROPIEDADES Y ACEPTACION ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DEL SOPORTE	Hoja <u>6</u>
7 .-	ANALISIS DE SOLDADURAS	Hoja <u>10</u>
8 .-	RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL	Hoja <u>15</u>
9 .-	PLACAS BASE Y ANCLAJES	Hoja <u>13</u>
10.-	REACCIONES DEL SOPORTE EN LA ESTRUCTURA EXISTENTE	Hoja <u>16</u>
11.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL SOPORTE	Hoja <u>17</u>

A N E X O S

DIBUJO DEL SOPORTE 1-NCCW-01078
 plano del soporte 1-NCCW-01078



TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 2 DE 17
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

LISTA DE VERIFICACION DE DATOS DE DISEÑO

IDENTIFICACION

CALCULO 5404-1
 PUNTO DE SOPORTE 1623

DATOS GENERALES

SISTEMA NCCW
 ISOMETRICO NCCW-3140-13 REV. 1
 LISTADO DE CARGAS. 5404-1 6/24/81 DE PAG. 621 A 729

DIBUJO DE SOPORTE 1-NCCW-0103A REV. ES
 FABRICANTE Mannesman LISTA DE MATERIALES No incluida
 NUM. DE HOJAS DIBUJO 1
 ESTADO DE REVISION DE DIBUJO 1
 ESTADO DE REVISION DE FABRICACION 1

REVISION DE DIBUJO	REVISION DE FABRICACION
① Sin comentarios. Enviar dibujo al vendedor.	① PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
② Comentarios incluidos. Enviar dibujo al vendedor.	② PROCEDAN. Envíen reproducible adicional.
③ Dibujo no aplicable. Enviar dibujo al vendedor.	③ NO PROCEDAN. No se requiere reproducible adicional.
④ Sin comentarios. No se envía dibujo al vendedor.	④ NO PROCEDAN. Envíen reproducible adicional.
⑤ Solo para información.	

COMENTARIOS: * Lista de Materiales no incluida



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA
 HOJA 3 DE 17
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 82

IDENTIFICACION 5404-1 1623

CARGAS ORIGINALES (dibujo)

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)		
	Fx	Fy	Fz	Δ_x	Δ_y	Δ_z
Prueba	5.40	-283.28	-	-	-	-
Emergencia	± 483.79	± 517.16	-	-	-	-
Diseño	± 405.40	± 516.92	-	-	-	-

CARGAS DE EVALUACION (listado de computadora). PAGINAS

CONDICION	FUERZAS (Kg)			DESPLAZAMIENTOS (mm)			FZA. FRIC- CION. (Kg)	
	Fx	Fy	Fz	Δ_x	Δ_y	Δ_z	F	I
NORMAL (Comb. 720)	512.1b	346.1b	- 1b	0.000 p	-0.000 p	0.015 p		
ALTERADA (Comb. 730)	232.69	283.74	- 1b	0	0	-1.9		
EMERGENCIA (Comb. 740)	119.71	1192.1b	- 1b	0.296 p	0.003 p	0.414 p		
EMERGENCIA* EQUIVALENTE	398.71	540.61	-	7.51	0.711	10.76		
CARGA DE EVALUACION	572.86	671.77	-	14.88	1.29	19.5	159.48	216.29

* Comb. 740/1.33 ; NF-3231.1

SOPORTES DESLIZANTES. Carga por fricción en la dirección no restringida.

$$F_{\text{friccion}} = \mu \cdot \text{Carga Normal (Fx, Fy ó Fz)}$$

$$\mu = 0.40$$

$$\text{Fuerza (lb)} / 2.205 = \text{Fuerza (Kg)}$$

$$\text{Desplazamiento (pulg)} \times 25.4 = \text{Desp. (mm)}$$

$$\text{Fuerza (N)} / 9.81 = \text{Fuerza (Kg)}$$

NOTAS: _____



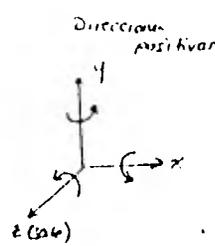
TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 1 DE 17
CALCULO J.N.
REVISO JLC
FECHA Jul 82

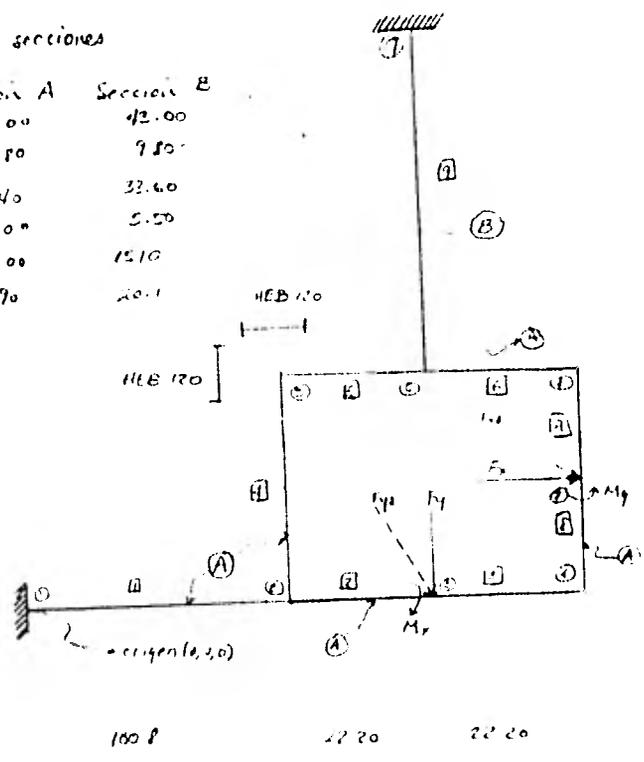
Identificación 5/10/1-1 1623

Nº de nudos 9
Nº de barras 9
 $\bar{c} = 1.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
 $M_x = 216.77 \times 6.0 = 1297.62 \text{ kg-cm}$
 $M_y = 159.48 \times 6.0 = 956.88 \text{ kg-cm}$



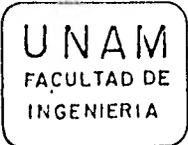
Propiedades de las secciones

	Sección A	Sección B
A_x	34.00	42.00
A_y	7.80	9.50
A_{xy}	22.40	32.60
I_x	311.00	5.50
I_y	867.00	1510
R	13.70	20.1



Condiciones de carga:

Cond.	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z	Punto de aplicación
1	—	54068	—	—	—	—	3
2	39871	—	—	—	—	—	8
3	—	54068	91627	129742	—	—	3
4	39871	—	15948	—	15651	—	8



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 5 DE 17
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 12

IDENTIFICACION 5404-1 1623

COMPONENTES DE CATALOGO

FUERZAS ACTUANTES Y PERMISIBLES EN Kg.

Nº DE PARTE	COMPONENTE	CARGAS ACTUANTES		CARGAS PERMISIBLES	
		NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA	NORMAL, ALTERADO	EMERGENCIA
1	Gleit lager part 9304 9204-L	540.68	671.77	(1b) 7452 Ncm.	(1b) 9751.06 Ncm
	MANNESMANN A.			762.67	1014.58
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)
				(1b)	(1b)

CARGAS ACTUANTES < CARGAS PERMISIBLES si

NOTAS: _____

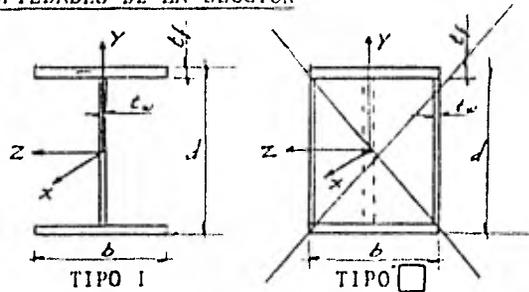
UNAM
FACULTAD DE
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 6 DE 17
CALCULO C.N.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 52

IDENTIFICACION 5404-1 623 ELEMENTO 2

PROPIEDADES DE LA SECCION



DATOS: d, b, t _f , t _w ;		Perfil Tipo <u>HEB 140</u>	
<u>14</u> , <u>14</u> , <u>1.2</u> , <u>0.7</u> .		L = cm.	
A _x = 43.0 cm ²	I _y = 250.0 cm ⁴	I _z = 1510.00 cm ⁴	
R = 20.1 cm ⁴	S _y = 78.5 cm ³	S _z = 216.00 cm ³	
α _y = 4.53	α _z = 1.88	r _{min} = 3.53 cm	
K = 1.2	$\frac{K L}{r_{min}} = 112.02$	r _t = 3.86 cm	
$\frac{L}{r_t} = 86.58$	$\frac{L}{b}$		

FUERZAS ACTUANTES

AXIAL	FLEXION Y CORTANTE	TORSION
F _x = 581.2 Kg;	F _y = 167.2 Kg ; F _z = 11.12 Kg.	M _x = 377.70 Kg-cm
	M _y = 1410.00 Kg-cm ; M _z = 58120.0 Kg-cm.	

ESFUERZOS ACTUANTES

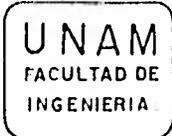
AXIAL

$$f_a = \frac{F_x}{A_x} = \frac{581.2}{43.0} = 13.52 \text{ Kg/cm}^2$$

FLEXION + TORSION

$$f_b = \frac{M_x b}{2 S_y} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{377.2 \times 15.37}{2 \times 78.5} + \frac{1410.0}{78.5} + \frac{58120.0}{216} = 322.96 \text{ Kg/cm}^2$$

solo I y C



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA
 HOJA 7 de 17
 CALCULO F.N.
 REVISO J.C.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5/04-1 1672 ELEMENTO 2

CORTANTE

$$f_v = \left[\begin{array}{l} \frac{\alpha_y F_y}{A_x} + \frac{M_x t_{zmax}}{R C_y} \\ \frac{\alpha_z F_z}{A_x} + \frac{M_x t_{ymax}}{R C_z} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \frac{4.82 \times 1672}{43} + \frac{377.2 \times 0.7}{20.1 \times 1} \\ \frac{1.88 \times 11.12}{43} + \frac{377.2 \times 0.7}{20.1 \times 1} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} 31.91 \\ 13.62 \end{array} \right]$$

Fórmulas de torsión no válidas para secciones sólidas llenas.
 Valores de C_y y C_z para las secciones de pared delgada más usuales se encuentran en el anexo de la presente guía.

el mayor

ESFUERZOS PERMISIBLES	TEMPERATURA = 66 °C
AXIAL $F_a = 1100 - 0.032 \left(\frac{KL}{r} \right)^2 = 691.45$ Kg/cm ² $F_a = \left(\frac{3100}{KL/r} \right)^2 = \text{---}$ Kg/cm ²	$\frac{KL}{r} \leq 131.5$ ✓ $\frac{KL}{r} \geq 131.5$
FLEXION $F_b = 1250$ Kg/cm ²	Si $\begin{cases} 1, L/r_t \leq 58 \\ \square, L/b \leq 81 \end{cases}$

Para Secc. con $L/r_t > 58$ y canales cumplir con ASME XVII-2214 $\frac{f_b}{F_b} \rightarrow f_b:106$

CORTANTE $F_v = 0.4 \cdot S_y = 860$ kg/cm²

COMPARACION CORTANTE

$f_v = 31.91 \leq 860$ kg/cm²

COMPRESION, FLEXION

Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{13.52}{691.45} + \frac{323.96}{1106} = 0.019 + 0.29 = 0.31 \leq 1.0$

Si $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ cumplir con: (ASME XVII- 2215)

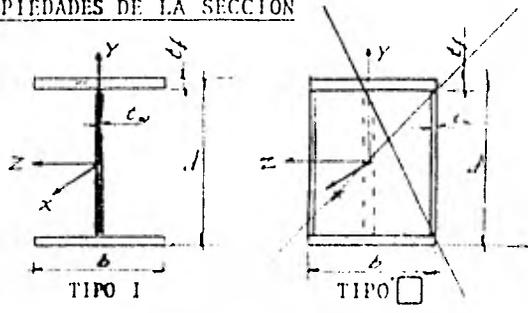


TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 2 DE 17
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5/07-1 1602 ELEMENTO 3

PROPIEDADES DE LA SECCION



DATOS: d, b, t_f, t_w ; Perfil Tipo HEB 120
12, 12, 1.1, 0.65 ; $L = 202$ cm.

$A_x = 37.0$ cm ²	$I_y = 210.0$ cm ⁴	$I_z = 867.0$ cm ⁴
$R = 13.7$ cm ⁴	$S_y = 52.9$ cm ³	$S_z = 144.0$ cm ³
$\alpha_x = 4.79$	$\alpha_z = 1.88$	$r_{min} = 3.06$ cm
$K = 1.2$	$\frac{K L}{r_{min}} = 79$	$r_t = 3.31$ cm
$\frac{L}{r_t} = 61.32$	$\frac{L}{b} =$	

FUERZAS ACTUANTES

AXIAL	FLEXION Y CORTANTE	TORSION
$F_x = 327.6$ Kg;	$F_y = 4670$ Kg ; $F_z = 277$ Kg.	$M_x = 355.5$ Kg-cm
	$M_y = 44540$ Kg-cm ; $M_z = 2247$ Kg-cm.	

ESFUERZOS ACTUANTES

AXIAL
 $f_a = \frac{F_x}{A_x} = \frac{327.6}{37.0} = 11.4$ Kg/cm²

FLEXION + TORSION
 $f_b = \frac{M_x B}{2 S_y} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{355.5 \times 14.76}{2 \times 52.9} + \frac{44540}{52.9} + \frac{2247}{144} = 9114$ Kg/cm²

solo I y C



TESIS PROFESIONAL

REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 9 DE 17
CALCULO FN.
REVISO J.L.C.
FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5704-1 1622 ELEMENTO 3

CORTANTE

$$f_v = \left\{ \begin{array}{l} \frac{d_y F_y}{A_x} + \frac{M_x}{R_y} \\ \frac{d_z F_z}{A_x} + \frac{M_z}{R_z} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1.77 \times 40.50}{34.0} + \frac{355.5 \times 0.65}{15.7 \times 1.0} \\ \frac{1.88 \times 20.05}{34.0} + \frac{355.5 \times 1.1}{12.9 \times 1.0} \end{array} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} 22.32 \\ 37.66 \end{array} \right\} = 37.66 \text{ Kg/cm}^2$$

Fórmulas de torsión no válidas para secciones sólidas llenas.

Valores de d_y y d_z para las secciones de pared delgada más usuales se encuentran en el anexo de la presente guía.

el mayor

ESFUERZOS PERMISIBLES

TEMPERATURA = 60 °C

AXIAL $F_a = 1100 - 0.032 \left(\frac{KL}{r} \right)^2 = 700$ Kg/cm^2 $\frac{KL}{r} \leq 131.5$ ✓

$F_a = \left(\frac{3100}{KL/r} \right)^2 = \text{---}$ Kg/cm^2 $\frac{KL}{r} \leq 131.5$

FLEXION $F_b = 1250 \text{ Kg/cm}^2$ ✓ Si $\begin{cases} I, L/r_t \leq 58 \\ \square, L/b \leq 81 \end{cases}$

Para Secc. con $L/r_t > 58$ y canales cumplir con ASME XVII-2214 ✓

CORTANTE $F_v = 0.4 \cdot S_y = 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPARACION CORTANTE

$f_v = 37.66 \leq 860 \text{ kg/cm}^2$

COMPRESION, FLEXION

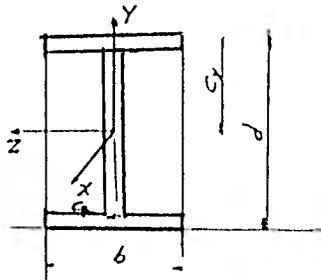
Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = \frac{11.4}{900} + \frac{911.94}{1250} = 0.012 + 0.729 = 0.742 \leq 1.0$

Si $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ cumplir con: (ASME XVII-2215)

IDENTIFICACION 570/-1 1622 ELEMENTO 2 A ELEMENTO Exist #. 4460199
28 x 12

SOLDADURAS



$t_{plano} = 0.6$ cm la muelle
 $L_w = 77.8$ cm.
 $S_z = 457.3$ cm²
 $S_y = 130.7$ cm²
 $J_x = 4116$ cm³
 $C_y = 70$ cm.
 $C_z = 70$ cm.
 $b = 14.0$ cm.
 $d = 14.0$ cm.

$F_x = 581.2$ Kg.
 $F_y = 167.2$ Kg.
 $F_z = 11.12$ Kg.

$M_x = 377.20$ Kg-cm.
 $M_y = 1410.00$ Kg-cm.
 $M_z = 58120.0$ Kg-cm. } Valores en extremo final de barra 9 para cond. 3

$$f_t = \frac{F_x}{L_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{581.2}{77.8} + \frac{1410}{130.7} + \frac{58120}{457.3} = 7.47 + 10.79 + 127.07 = 145.35 \text{ Kg/cm}$$

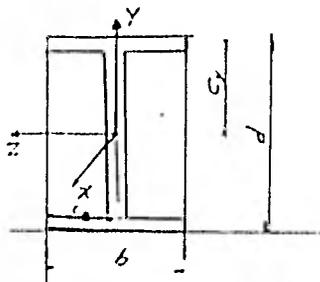
$$f_v = \sqrt{\left(\frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{11.12}{77.8} + \frac{377.2 \times 70}{4116}\right)^2 + \left(\frac{167.20}{77.8} + \frac{377.20 \times 70}{4116}\right)^2} = \sqrt{(0.78)^2 + (2.79)^2} = 2.899 \text{ Kg/cm}$$

$$F_{tot} = \sqrt{f_t^2 + f_v^2} = \sqrt{(145.35)^2 + (2.899)^2} = 145.38 \text{ Kg/cm}$$

Calculo	DIMENSION DE SOLDADURA	Norma	ASME TABLA XVII - 2452.1-1
$t_s = \frac{F_{tot}}{677} = 0.21$ cm.		$t_{min.} = 0.5$ cm	

IDENTIFICACION 5404-1 1622 ELEMENTO 2 A ELEMENTO 7

SOLDADURAS



propiedad	valor
t_{plano}	$= 0.7$ cm
L_w	$= 77.8$ cm
S_z	$= 457.3$ cm ²
S_y	$= 130.7$ cm ²
J_x	$= 4116$ cm ³
C_y	$= 70$ cm
C_z	$= 20$ cm
b	$= 140$ cm
d	$= 140$ cm

$F_x = 537.2$ Kg.
 $F_y = 167.2$ Kg.
 $F_z = 11.12$ Kg.

$M_x = 377.70$ Kg-cm.
 $M_y = 2306.0$ Kg-cm.
 $M_z = 2230.0$ Kg-cm.

(valores barra 9 Cond 3 Ndele inic.)

$$f_t = \frac{F_x}{L_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{537.2}{77.8} + \frac{2306}{130.7} + \frac{2230}{457.3}$$

$$= 7.47 + 17.64 + 4.87 = 29.99 \text{ Kg/cm}$$

$$f_v = \sqrt{\left(\frac{F_z}{L_w} + \frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{L_w} + \frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{11.12}{77.8} + \frac{377.70 \times 70}{4116}\right)^2 + \left(\frac{167.2}{77.8} + \frac{377.70 \times 20}{4116}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(0.78)^2 + (2.79)^2} = 2.89 \text{ Kg/cm}$$

$$F_{tot} = \sqrt{f_t^2 + f_v^2} = \sqrt{(29.99)^2 + (2.89)^2} = 30.13 \text{ Kg/cm}$$

Calculo	DIMENSION DE SOLDADURA	Norma	ASME Table VIII 2457.1-1
$t_s = \frac{F_{tot}}{677} = 0.04$ cm.		$t_{min.} = 0.5$ cm	

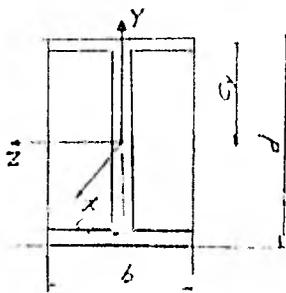
UNAM
FACULTAD DE
INGENIERIA.

TESIS PROFESIONAL
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 12 DE 17
CALCULO F.N.J
REVISO J.C.C
FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5404.1 1623 ELEMENTO 3 A ELEMENTO 8

SOLDADURAS



$F_x = 3876$ Kg.
 $F_y = 4056$ Kg.
 $F_z = 20850$ Kg.

0.3 pulgadas
 $t_{plano} = 0.7$ cm alma
 $I_w = 66.2$ cm.
 $S_z = 336.0$ cm²
 $S_y = 96.0$ cm²
 $J_x = 2592.0$ cm³
 $C_y = 6.0$ cm.
 $C_z = 6.0$ cm.
 $h = 12.0$ cm.
 $d = 12.0$ cm.
 $M_x = 3555$ Kg-cm.
 $M_y = 44540.0$ Kg-cm.
 $M_z = 27470$ Kg-cm.

$$f_t = \frac{F_x}{I_w} + \frac{M_y}{S_y} + \frac{M_z}{S_z} = \frac{3876}{66.2} + \frac{44540}{96} + \frac{27470}{336} = 5.85 + 462.76 + 81.73 = 476.49 \text{ Kg/cm}$$

$$f_v = \sqrt{\left(\frac{F_z}{I_w} + \frac{M_x C_y}{J_x}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{I_w} + \frac{M_x C_z}{J_x}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{20850}{66.2} + \frac{3555 \times 6.0}{2592}\right)^2 + \left(\frac{4056}{66.2} + \frac{3555 \times 6.0}{2592}\right)^2} = \sqrt{(3.97)^2 + (1.43)^2} = 4.22 \text{ Kg/cm}$$

$$F_{tot} = \sqrt{f_t^2 + f_v^2} = \sqrt{(476.49)^2 + (4.22)^2} = 476.51 \text{ Kg/cm}$$

DIMENSION DE SOLDADURA

Calculo

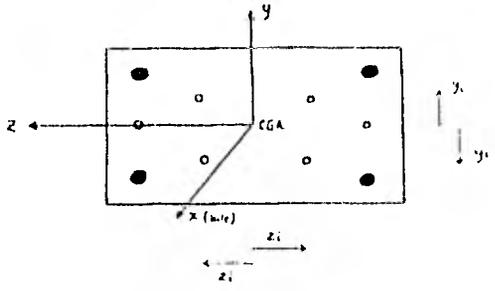
Norma

$$t_s = \frac{F_{tot}}{677} = 0.70 \text{ cm.}$$

$$t_{min.} = 0.8 \text{ cm}$$

IDENTIFICACION 5404-1 1623 ELEMENTO 8

Revisión de Anclas



$$I_z = \sum N_i y_i^2$$

$$I_z = 400 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \sum N_i z_i^2$$

$$I_y = 400 \text{ cm}^2$$

$$J_x = I_y + I_z$$

$$J_x = 800 \text{ cm}^2$$

$$F_x = 3876 \text{ kg}$$

$$F_y = 4050 \text{ kg}$$

$$F_z = 20850 \text{ kg}$$

$$M_x = 3555 \text{ kg-cm}$$

$$M_y = 445400 \text{ kg-cm}$$

$$M_z = 22470 \text{ kg-cm}$$

N_i = Número de anclas en el eje i

*Nota.- Las fuerzas y momentos deben estar referidas al centro de gravedad de las anclas.

FUERZAS PERMISIBLES (CFE - 1C-20)

$$\phi \text{ anclas} = 14 \text{ mm} \left\{ \begin{array}{l} FT = 1360 \text{ kg/ancla} \\ FV = 680 \text{ kg/ancla} \end{array} \right.$$

$$F_t = \frac{F_x}{N_a} + \frac{M_y z_{max}}{I_y} + \frac{M_z y_{max}}{I_z}$$

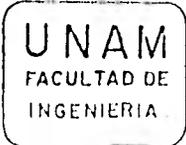
$$F_t = \frac{3876}{4} + \frac{44540(10)}{400} + \frac{2247(10)}{400}$$

$$F_t = 1266.27 \text{ kg/ancla} \leq FT$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{F_y}{N_a} + \frac{M_x z_{max}}{J_x} \right)^2 + \left(\frac{F_z}{N_a} + \frac{M_x y_{max}}{J_x} \right)^2}$$

$$F_v = \sqrt{\left(\frac{4050}{4} + \frac{3555 \times 10}{800} \right)^2 + \left(\frac{2085}{4} + \frac{355 \times 10}{800} \right)^2}$$

$$F_v = 58.40 \text{ kg/ancla} \leq FV$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 14 DE 17
 CALCULO FN
 REVISO JCC
 FECHA Jul 82

IDENTIFICACION 5404-1 1623

INTERACCION TENSION-CORTANTE (conservador)

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{\sqrt{f_{vy}^2 + f_{vz}^2}}{F_v}$$

$$\frac{1266.57}{1360} + \frac{\sqrt{(44.56)^2 + (16.2)^2}}{680}$$

$$= 0.9313 + 0.6559 = 1.1 \quad \text{Ⓢ} \quad 1.1$$

PLACA (conservador)

$$f_b = \frac{6 f_t}{B t_{placa}} \left\{ \begin{matrix} y \\ z \end{matrix} \right\} = \frac{6 (1266.57)}{40 (2)^2} = 47.49$$

el mayor

$$f_b = 47.49 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 15 DE 17
 CALCULO F.N.
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul. 52

IDENTIFICACION 5104-1 1622

RIGIDEZ Y FRECUENCIA NATURAL

CALCULO DE W

	y	x
PESO DE TUBERIA (llena) Y AISLANTE	= 326 52	1066 59 Kg.
PESO DE ELEMENTOS UNIDOS A LA TUBERIA (VALVULAS, etc.)	=	Kg.
PESO DEL SOPORTE	= 277 30	277 30 Kg.
PESO DE MISCELANEOS (HERRAJES, etc)	= 27 93	27 93 Kg.
W	= 631 55	1365 92 Kg.

ELEMENTO	EJE	F (Kg.)	Δ (cm)	K RIGIDEZ		D _w = $\frac{W}{F} \Delta$ (cm)	Tabla II 6 $f = \frac{5}{\sqrt{D_w}}$ (HERTZ)
				real = F/Δ (Kg/cm)	requerida (Kg/cm)		
Nudo 3 Cond 1	X						
	Y	510 68	0 0052				
	Z						
Nudo 8 Cond 2	X	398 71	0 00172				
	Y						
	Z						
<u>Σ</u>	X	398 71	0 0061	64391	21400	0 0017	50
	Y	510 68	0 0052	101954	21400	0 00339	43
	Z						



TESIS PROFESIONAL
 REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS
 POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.
 FERNANDO NIETO CASTILLA

HOJA 16 DE 17
 CALCULO FN
 REVISO J.L.C.
 FECHA Jul 87

IDENTIFICACION 5404/1 1622

REACCIONES DEL SOPORTE LN

LA ESTRUCTURA EXISTENTE

PUNTO DE DESCARGA	F _x (Kg)	F _y (Kg)	F _z (Kg)	M _x (Kg-cm)	M _y (Kg-cm)	M _z (Kg-cm)	ELEMENTO QUE DESCARGA	HOJA
DW0781	-387.6	-40.50	-208.5	355.5	44540.0	-1141.0	3	L.C.
DW0782	11.12	581.20	-167.20	3120.0	377.20	-1410.0	2	L.C.

Las descargas del soporte son las máximas, sin importar la condición de carga.

La orientación de fuerzas y momentos es la del dibujo del soporte.

Las fuerzas y momentos indicados corresponden a la condición de carga alterada, correspondiente a la comb. 730

Las reacciones no incluyen el peso propio del soporte.



TESIS PROFESIONAL	HOJA <u>17</u> DE <u>17</u>
REVISION DE SOPORTES DE TUBERIAS	CALCULO <u>FN</u>
POR NUEVAS CARGAS EN LA P.N.L.V.	REVISO <u>J.L.C</u>
FERNANDO NIETO CASTILLA	FECHA <u>Jul 82</u>

IDENTIFICACION 5104-1 1623

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REVISION DEL
SOPORTE POR NUEVAS CARGAS.

El soporte no es adecuado para cumplir con el comportamiento requerido por resistencia y deformabilidad, siguiendo los lineamientos de diseño indicados en el procedimiento IV-01

La frecuencia fundamental calculada es de $x = 56$
 $y = 43$ Hertz.

Las descargas del soporte para la revisión de la estructura principal están reportadas en la hoja 16 de esta memoria de cálculo.

- * El soporte no es adecuado ya que las onclas no cumplen la fórmula de interacción de la especificación CFE LC-20.
- * Los elementos y soldaduras revisadas son los mas críticos considerando que los demás son por inspección
- * La soldadura del elemento 3 al 8 se encuentra trabajando muy al límite, se recomienda revisarla.

→ Se anexa plano y listado de computadora.

IDENTIFICATION 5406-1 1A23 1-4CCW-11078

CONTROL INFORMATION

NUMBER OF MODAL POINTS * 9 /
 NUMBER OF ELEMENT TYPES * 1 /
 NUMBER OF LOAD CASES * 1 /
 NUMBER OF FREQUENCIES * 0
 ANALYSIS CODE (MURM) * 0
 EQ.00 STATIC
 EQ.10 MODAL EXTRACTION
 EQ.20 FORCED RESPONSE
 EQ.30 RESPONSE SPECTRUM
 EQ.40 DIRECT INTEGRATION
 SOLUTION MODE (MURM) * 0 /
 EQ.00 EXECUTION
 EQ.10 DATA CHECK
 NUMBER OF SUBSPACE
 ITERATION VECTORS (MURM) * 0
 EQUATIONS PER BLOCK * 0
 TAPEIO SAVE FLAG (MURM) * 0

MODAL POINT INPUT DATA

NODE NUMBER	BOUNDARY CONDITIONS						MODAL POINT COORDINATES			
	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	X	Y	Z	T
1	1	1	1	1	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0	1	0	0	0	0	100.000	0.000	0.000	0.000
3	0	0	0	0	0	0	200.000	0.000	0.000	0.000
4	0	0	0	0	0	0	225.000	0.000	0.000	0.000
5	0	0	0	0	0	0	100.000	44.200	0.000	0.000
6	0	0	0	0	0	0	200.000	44.200	0.000	0.000
7	0	0	0	0	0	0	225.000	44.200	0.000	0.000
8	0	1	0	0	0	0	225.000	22.000	0.000	0.000
9	1	1	1	1	1	1	200.000	174.400	22.000	0.000

GENERATED MODAL DATA

NODE NUMBER	BOUNDARY CONDITIONS						MODAL POINT COORDINATES			
	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	X	Y	Z	T
1	1	1	1	1	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0	1	0	0	0	0	100.000	0.000	0.000	0.000
3	0	0	0	0	0	0	200.000	0.000	0.000	0.000
4	0	0	0	0	0	0	225.000	0.000	0.000	0.000
5	0	0	0	0	0	0	100.000	44.200	0.000	0.000
6	0	0	0	0	0	0	200.000	44.200	0.000	0.000
7	0	0	0	0	0	0	225.000	44.200	0.000	0.000
8	0	0	0	0	0	0	225.000	22.000	0.000	0.000
9	1	1	1	1	1	1	200.000	174.400	22.000	0.000

EQUATION NUMBERS

N	X	Y	Z	XX	YY	ZZ
1	0	0	0	0	0	0
2	1	2	3	4	5	6
3	7	8	9	10	11	12
4	13	14	15	16	17	18
5	19	20	21	22	23	24
6	25	26	27	28	29	30

7 31 32 33 34 35 36
 8 37 38 39 40 41 42
 9 0 0 0 0 0 0
 3 / 0 B E A M E L E M E N T S

NUMBER OF BEAMS * 9 /
 NUMBER OF BEG-ETRIC PROPERTY SETS * 2 /
 NUMBER OF FIXED END FORCE SETS * 0
 NUMBER OF MATERIALS * 1 /

MATERIAL PROPERTIES

MATERIAL NUMBER	YOUNG'S MODULUS	POISSON'S RATIO	MASS DENSITY	WEIGHT DENSITY
1	.1500E+07 /	.3000 /		

BEAM GEOMETRIC PROPERTIES

SECTION NUMBER	AXIAL AREA A(1)	SHEAR AREA A(2)	SHEAR AREA A(3)	TORSION J(1)	INERTIA I(2)	INERTIA I(3)
1	.3400E+02 /	.7800E+03 /	.2640E+02 /	.1346E+02 /	.3180E+03 /	.6464E+03 /
2	.4300E+02 /	.3346E+02 /	.9400E+01 /	.7010E+02 /	.1510E+04 /	.5500E+03 /

ELEMENT LOAD MULTIPLIERS

	A	B	C	D
X-DIR	0.	0.	0.	0.
Y-DIR	0.	0.	0.	0.
Z-DIR	0.	0.	0.	0.

S/D BEAM ELEMENT DATA

BEAM NUMBER	NODE -I	NODE -J	NODE -K	MATERIAL NUMBER	SECTION NUMBER	ELEMENT END LOADS				END CODES	
						A	B	C	D	-I	-J
1	1	2	5	1	1	0	0	0	0	0	0
2	2	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0
3	3	4	5	1	1	0	0	0	0	0	0
4	2	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0
5	5	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0
6	6	7	4	1	1	0	0	0	0	0	0
7	7	8	6	1	1	0	0	0	0	0	0
8	8	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
9	8	9	7	1	2	0	0	0	0	0	0

EQUATION PARAMETERS

TOTAL NUMBER OF EQUATIONS	F	42
BANDWIDTH	F	6
NUMBER OF EQUATIONS IN A BLOCK	F	42
NUMBER OF BLOCKS	F	1

MODAL LOADS (STATIC) OR MASSES (DYNAMIC)

MODE NUMBER	LOAD CASE	X-AXIS FORCE	Y-AXIS FORCE	Z-AXIS FORCE	X-AXIS MOMENT	Y-AXIS MOMENT	Z-AXIS MOMENT
3	1	0.	-0.54009E+03	0.	0.	0.	0.
3	2	0.	-0.54009E+03	0.21021E+03	0.12976E+04	0.	0.
R	2	0.30471E+03	0.	0.	0.	0.	0.
R	3	0.30471E+03	0.	0.17004E+03	0.	0.35689E+03	0.

STRUCTURE LOAD CASE	ELEMENT		LOAD	MULTIPLIER	
	A	B		C	D
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

MODE DISPLACEMENTS/ROTATIONS

MODE NUMBER	LOAD CASE	X-TRANSLATION	Y-TRANSLATION	Z-TRANSLATION	X-ROTATION	Y-ROTATION	Z-ROTATION
9	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	2	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	3	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	1	-6.3291E-04	-3.8735E-02	0.	0.	0.	-1.1442E-05
	2	6.6192E-02	-1.1417E-02	0.	0.	0.	-1.1886E-03
	3	1.1263E-02	-1.7205E-02	1.0419E+01	-5.5505E-02	-7.7174E-02	-1.1750E-03
7	1	1.3201E-01	-1.3760E-12	0.	0.	0.	-1.2729E-04
	2	2.1431E-02	-1.4408E-02	0.	0.	0.	-1.1440E-03
	3	4.9353E-02	-1.7189E-02	1.4574E+00	-5.5792E-02	-1.4661E-02	-1.1713E-03
6	1	1.3202E-03	-1.2198E-02	0.	0.	0.	-1.6759E-05
	2	1.4985E-02	-1.1734E-01	0.	0.	0.	-1.1364E-03
	3	4.9315E-02	-1.2177E-02	1.4574E+00	-5.5792E-02	-1.4661E-02	-1.1713E-03
5	1	1.3204E-03	-1.3453E-02	0.	0.	0.	-1.6759E-05
	2	1.4985E-02	-1.1734E-01	0.	0.	0.	-1.1364E-03
	3	4.9315E-02	-1.2177E-02	1.4574E+00	-5.5792E-02	-1.4661E-02	-1.1713E-03
4	1	-1.1824E-05	-1.1865E-02	0.	0.	0.	-1.2895E-04
	2	1.2644E-02	-1.1429E-02	0.	0.	0.	-1.1753E-03
	3	1.2603E-02	-1.1413E-02	1.1413E+01	-5.5222E-02	-1.1413E-02	-1.1626E-03
3	1	-1.2709E-05	-1.1521E-02	0.	0.	0.	-1.2895E-04
	2	1.1753E-02	-1.1429E-02	0.	0.	0.	-1.1753E-03
	3	1.1740E-02	-1.1413E-02	1.1413E+01	-5.5222E-02	-1.1413E-02	-1.1753E-03
2	1	-1.1595E-02	-1.1615E-02	0.	0.	0.	-1.2192E-04
	2	1.1861E-02	-1.2490E-02	0.	0.	0.	-1.1249E-03
	3	1.1844E-02	-1.2455E-02	1.1844E+00	-5.5172E-02	-1.1844E-02	-1.1557E-03
1	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	2	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	3	0.	0.	0.	0.	0.	0.

.....BEAM FORCES AND MOMENTS

BEAM NO.	LOAD NO.	AXIAL	SHEAR	SHEAR	TENSION	MOMENT	MOMENT
		X1	RZ	X3	X1	X2	X3
1	1	4.857E-01	3.351E+00	0.	0.	0.	4.265E-02
		-4.857E-01	-3.351E+00	0.	0.	0.	4.265E-02
1	2	-3.881E+02	-4.165E+01	0.	0.	0.	-2.403E+03
		3.881E+02	4.165E+01	0.	0.	0.	-5.125E+03
1	3	-3.876E+02	-4.165E+01	0.	0.	0.	-2.403E+03
		3.876E+02	4.165E+01	0.	0.	0.	-5.125E+03
2	1	-2.575E-01	2.700E+02	0.	0.	0.	1.495E+03
		2.575E-01	-2.700E+02	0.	0.	0.	4.910E+03

2	2	-2.594E+02 2.594E+02	-2.603E+01 2.603E+01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.185E+01 -1.763E+03
2	3	-2.597E+02 2.597E+02	2.440E+02 -2.440E+02	-2.644E+02 2.644E+02	-2.307E+02 2.307E+02	6.637E+03 -7.662E+02	2.670E+04 2.743E+04
3	1	-2.575E-01 2.575E-01	-2.704E+02 2.704E+02	0. 0.	0. 0.	0. 0.	-4.510E+03 -1.177E+03
3	2	-2.594E+02 2.594E+02	-2.603E+01 2.603E+01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.763E+03 -2.341E+03
3	3	-2.597E+02 2.597E+02	-2.967E+02 2.967E+02	-4.817E+01 4.817E+01	4.689E+02 -4.689E+02	7.662E+02 3.031E+02	-2.747E+03 -1.639E+03
4	1	-2.667E+02 2.667E+02	7.433E-01 -7.433E-01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.536E+01 -1.502E+03
4	2	-1.782E+01 1.782E+01	-1.787E+02 1.787E+02	0. 0.	0. 0.	0. 0.	-3.990E+01 -1.747E+01
4	3	-2.845E+02 2.845E+02	-1.279E+02 1.279E+02	-5.591E+01 5.591E+01	1.989E+02 -1.989E+02	1.186E+03 1.296E+03	-2.405E+03 -3.266E+03
5	1	7.433E-01 -7.433E-01	2.667E+02 -2.667E+02	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.502E+03 4.419E+04
5	2	-1.279E+02 1.279E+02	1.787E+01 -1.787E+01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.747E+01 -1.536E+01
5	3	-1.279E+02 1.279E+02	2.845E+02 -2.845E+02	-5.591E+01 5.591E+01	-1.285E+03 1.285E+03	-1.989E+02 1.463E+03	3.266E+03 3.066E+03
6	1	2.575E-01 -2.575E-01	-2.704E+02 2.704E+02	0. 0.	0. 0.	0. 0.	-4.521E+03 -1.487E+03
6	2	-1.393E+02 1.393E+02	-2.603E+01 2.603E+01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	-8.521E+02 2.704E+02
6	3	-1.393E+02 1.393E+02	-2.967E+02 2.967E+02	1.111E+02 -1.111E+02	6.530E+02 -6.530E+02	-1.213E+03 -6.530E+02	-4.373E+03 -1.213E+03
7	1	-2.706E+02 2.706E+02	-2.575E-01 2.575E-01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.493E+03 +1.493E+03
7	2	-2.603E+01 2.603E+01	1.393E+02 -1.393E+02	0. 0.	0. 0.	0. 0.	-2.706E+02 2.706E+02
7	3	-2.967E+02 2.967E+02	1.393E+02 -1.393E+02	1.111E+02 -1.111E+02	6.530E+02 -6.530E+02	4.486E+02 +1.213E+03	1.213E+03 1.074E+03
8	1	-2.706E+02 2.706E+02	-2.575E-01 2.575E-01	0. 0.	0. 0.	0. 0.	1.493E+03 +1.493E+03

8	2	-2.603E+01	-2.594E+02	0.	0.	0.	-3.366E+03
		2.603E+01	2.594E+02	0.	0.	0.	-2.341E+03
8	3	-2.967E+02	-2.597E+02	-4.817E+01	-3.031E+02	1.527E+01	-1.874E+03
		2.967E+02	2.597E+02	4.817E+01	3.031E+02	-1.527E+01	1.874E+03
9	1	-5.373E+02	4.457E+01	0.	0.	0.	1.024E+02
		5.373E+02	-4.457E+01	0.	0.	0.	-5.446E+01
9	2	-4.385E+01	1.057E+01	0.	0.	0.	2.203E+03
		4.385E+01	-1.057E+01	0.	0.	0.	-1.350E+03
9	3	-2.816E+02	1.112E+01	-1.872E+02	-3.772E+02	-2.210E+03	2.106E+03
		2.816E+02	-1.112E+01	1.872E+02	3.772E+02	2.210E+03	-2.106E+03

STATIC SOLUTION TIME LOG

EQUATION SOLUTION * .05
DISPLACEMENT OUTPUT * .02
STRESS RECOVERY * .03

