

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**DISEÑO DE UNA COMPUERTA HIDRAULICA TIPO VAGON DE
1300 x 1383 mm PARA LA PRESA CHALHUANCA - AREQUIPA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL:
INGENIERO MECANICO**

YOVANI GALLEGOS SULLCA

PROMOCION 2001 - II

LIMA - PERU

2011

DEDICATORIA

Quiero dedicar este informe de suficiencia a Dios quien me ha dado vida y fortaleza para terminar este trabajo, a mi señora madre Eusebia Sullca Rayo, quien en todo momento estuvo presente en los malos y buenos momentos y a mi padre Fermin Gallegos Huaman, quien desde el cielo me sirvió de guía, a mis hermanas Sonia y Silvia, por el apoyo contante que siempre me brindaron.

A mi esposa Rosa Navarro, por su fuerza, apoyo, paciencia, comprensión, y amor, a mi hija Luana Gallegos, quien con su llegada me ha llenado de inspiración y dado la fuerza para poder terminar el presente informe de suficiencia. Es sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

DISEÑO DE UNA COMPUERTA HIDRAULICA TIPO VAGON DE 1300x1383mm PARA LA PRESA CHALHUANCA – AREQUIPA

CONTENIDO:

Prologo	
Capitulo 1 - Introducción.	
1.1 Objetivos.	3
1.2 Alcances.	3
1.3 Justificación.	3
Capitulo 2 - Tipos de compuertas hidráulicas y aplicaciones.	
2.1 Descripción general de las compuertas.	4
2.2 Clasificación de compuertas.	7
2.3 Tipos de compuertas.	11
2.4 Aplicaciones.	19
Capitulo 3 - Calculo justificativo de la compuerta vagón.	
3.1 Criterios de diseño.	20
3.2 Calculo de la carga hidráulica.	20
3.3 Calculo de la hoja de compuerta.	22
3.4 Calculo de la viga horizontal principal.	31
3.5 Calculo de la viga vertical.	36

3.6	Calculo de ruedas.	41
3.7	Calculo dl eje de ruedas.	42
3.8	Calculo del buje (Bronce SAE62).	43
3.9	Calculo d la fuerza de accionamiento.	44
3.10	Peso de la compuerta.	44
3.11	Empuje de Arquímedes.	45
3.12	Fuerza de fricción.	45
3.13	Calculo de Fuerzas de Hidrodinámicas.	48
3.14	Fuerza de accionamiento.	49
3.15	Actuadores Hidráulicos.	50
3.16	Pandeo del vástago de izaje.	51
3.16.1	Calculo d la fuerza de accionamiento máximo.	51
3.16.2	Efecto de pandeo de vástago.	51
3.16.3	Formula de J. B. Johnson para determinar la carga crítica.	53
Capitulo4 - Criterios de fabricación y montaje.		
4.1	Etapas de fabricación.	56
4.2	Criterio de Montaje en el campo.	58
Capitulo 5 - Especificaciones Técnicas		
5.1	Materiales.	60
5.2	Acabados de superficie, pintura y protección anticorrosiva.	61
Capitulo 6 - Estructura de Costos.		
6.1	Generalidades.	63

6.2 Materiales.	64
6.3 Equipos y Accesorios.	67
6.4 Mano de obra.	67
6.5 Servicios.	69
6.6 Costo total de fabricación y montaje.	71
Conclusiones.	72
Recomendaciones.	74
Bibliografía.	75
Planos.	77
Anexos.	95

PROLOGO

El objetivo del presente informe de suficiencia es de exponer los pasos a seguir para el diseño de una compuerta hidráulica de la forma más práctica, además debe servir como base para los próximos trabajos similares a desarrollar y pueda servir como material base a todas los estudiantes y personas involucradas en el tema, para lo cual, los cálculos detallados en el capítulo III, se han desarrollado con ayuda del programa Mathcad 14, en donde los factores de seguridad fueron tomados de las normas Alemanas DIN 19704 – 19705 y las norma Brasileñas NBR8883, la clasificación y la definición de los tipos de compuertas del capítulo II, fueron desarrollados teniendo como base la norma Brasileña NBR 7259.

Cabe señalar que uno de los objetivos que también se ha perseguido con la elaboración de este informe, es de desarrollar los principales pasos a seguir para la fabricación y el montaje de las compuertas hidráulicas y también tomar en cuenta las características de los materiales a seleccionar para la fabricación, los cuales son desarrollados en los capítulo IV y V.

Una de las partes también importantes de este informe de suficiencia es la estructura de costos de todas las partes que componen la fabricación de la compuerta, la cual se detalla en el capítulo VI.

Además se presenta los anexos, donde se puede encontrar las especificaciones técnicas y las normas a utilizar en el desarrollo del informe de suficiencia.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nos muestra la metodología para el diseño de una compuerta tipo vagón y su sistema de accionamiento, la cual servirá para controlar el flujo de agua en la presa Chalhuanca - Arequipa.

La compuerta hidráulica, se compone básicamente de cinco elementos:

1. Tablero (Hoja de compuerta).
2. Partes fijas (Embebidas al concreto).
3. Ruedas de desplazamiento.
4. Sistema de izaje.
5. Sistema de sellado.

El sistema de izaje, se realizara a través de un equipo óleo hidráulico el cual se compone de:

- Unidad hidráulica de poder (UHP).
- Cilindro hidráulico.
- Tablero eléctrico de control.
- Vástago de extensión.

La estructura principal de la compuerta hidráulica, es la hoja de compuerta (tablero), la cual es un elemento móvil que sirve de barrera al pasaje del agua y

esta constituido por una plancha revestimiento, vigas de reforzamiento, orquillas de izaje y ruedas para el desplazamiento.

Los sellos de la hoja de compuerta, contra el marco guía y contra la solera es un componente responsable de la estanqueidad, son generalmente constituidos de goma, las cuales van empernadas a la plancha de revestimiento con pernos inoxidables.

El diseño de los sellos deben cumplir con los requerimientos de operación y sellado Satisfactorio.

Los empalmes de los sellos deberán realizarse con pegamentos especiales.

El montaje de los sellos debe permitir que estos se acomoden a las deflexiones sin daño alguno cuando estén bajo carga.

Las partes fijas, son componentes que quedan embebidas al concreto y sirven de guía y alojan el tablero, además sirven como elemento de apoyo de los sellos de estanqueidad.

Las partes fijas, deberán ser niveladas y alineadas convenientemente antes de ser fijadas y ancladas al concreto, de tal forma que se asegure la alineación de la compuerta con el eje de trabajo.

Los componentes básicos de las partes fijas son:

- Solera, es un elemento horizontal inferior de las piezas fijas, sirven de apoyo y dan estanqueidad inferior.
- Dintel, es un elemento horizontal superior de las piezas fijas, sirven de apoyo y dan estanqueidad superior.
- El camino de rodadura (guía), 02 perfiles laterales, estos sirven de guía para el tablero y dan estanqueidad lateral.

1.1 OBJETIVO

Diseñar una compuerta hidráulica que será instalada en la presa Chalhuanca, la cual servirá para controlar el flujo de agua de la presa para producir 8 MW adicionales de energía eléctrica e incrementar el caudal del río Chilli, con lo cual se permitirá irrigar 25 hectáreas agrícolas en el distrito de Yanque, provincia de Caylloma – Arequipa.

1.2 ALCANCES

El diseño de la compuerta hidráulica tipo vagón, será para una altura máxima de agua sobre la solera de 15,3 m y para las dimensiones de la hoja de compuerta se realizara para un vano de 1,20 m. los cálculos efectuados se desarrollaran utilizando la norma Alemana DIN 19704 y la norma Brasileña NBR-8883.

En el presente informe de suficiencia abarcara el cálculo del Hoja de compuerta y vástago de extensión del sistema de izaje.

1.3 JUSTIFICACION

El presente informe de suficiencia, diseño de una compuerta hidráulica, fue desarrollado para controlar el flujo de agua de la presa Chalhuanca, para lo cual se utilizo como base, tanto para los cálculos como para la definiciones, las normas alemanas DIN 1974 – 19705 y normas brasileñas NBR 8883 – 7259, además cálculos justificativos fueron desarrollados con ayuda del programa Mathcad 14, obteniendo así una base para diseños similares.

El diseño de la compuerta en la Presa Chalhuanca va permitir controlar e incrementar la cantidad de agua del río Chilli, con lo cual se va obtener pasto necesario para la crianza de alpacas que es la actividad principal del distrito de Yanque.

CAPITULO II

TIPO DE COMPUERTAS HIDRAULICAS Y APLICACIONES

2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LAS COMPUERTAS.

Las compuertas hidráulicas son equipos mecánicos, su instalación permite principalmente controlar el flujo de agua y dar mantenimiento en los diferentes proyectos de ingeniería, tales como presas, canales, y proyectos de irrigación.

Existen diferentes tipos y pueden tener diferentes clasificaciones, según su forma, función y movimiento.

El mecanismo de regulación de una compuerta puede realizarse de la siguiente forma:

Accionamiento manual.- Dicho accionamiento se efectúa mediante una volante de maniobra cuyas características técnicas dependen del diseño de las compuertas. Este accionamiento en las compuertas de un solo husillo (vástagos de izaje) puede ser directo o bien por mediación de reductor, rodamientos axiales de bola o de rodillo.



Figura N°- 2.1 : Compuerta plana accionada por volante

PROYECTO ESPECIAL TAMBO – CCARACOCHA
SISTEMA DE RIEGO TACARACA – ICA

Accionamiento por motorreductor.- El motorreductor a introducir se aplicara en función de las dimensiones y presión hidráulica en la compuerta. Tendrá una velocidad óptima que produzca un mínimo desgaste del husillo en la subida de la compuerta.

El accionamiento eléctrico irá acompañado de un limitador de par eléctrico para evitar sobre esfuerzos, y dos finales de carrera en cuanto a final de recorrido.



Figura N°- 2.2 : Compuerta plana accionada por motorreductor con accionamiento de emergencia mediante volante

Accionamiento hidráulico.- Mediante cilindros hidráulicos, solo tiene aplicación en compuertas de un solo husillo o un solo vástago de izaje en lo que se refiere a compuertas planas, donde el vástago del cilindro hidráulico se une al vástago de izaje de la compuerta.

En compuertas tipo radiales se utilizan dos cilindros hidráulicos en los cuales el recorrido para la abertura o cierre de la compuerta se hace con ayuda de 02 brazos guías.

El sistema será de apertura y cierre será regulable según las condiciones de requerimiento y además tendrá fines de carrera.

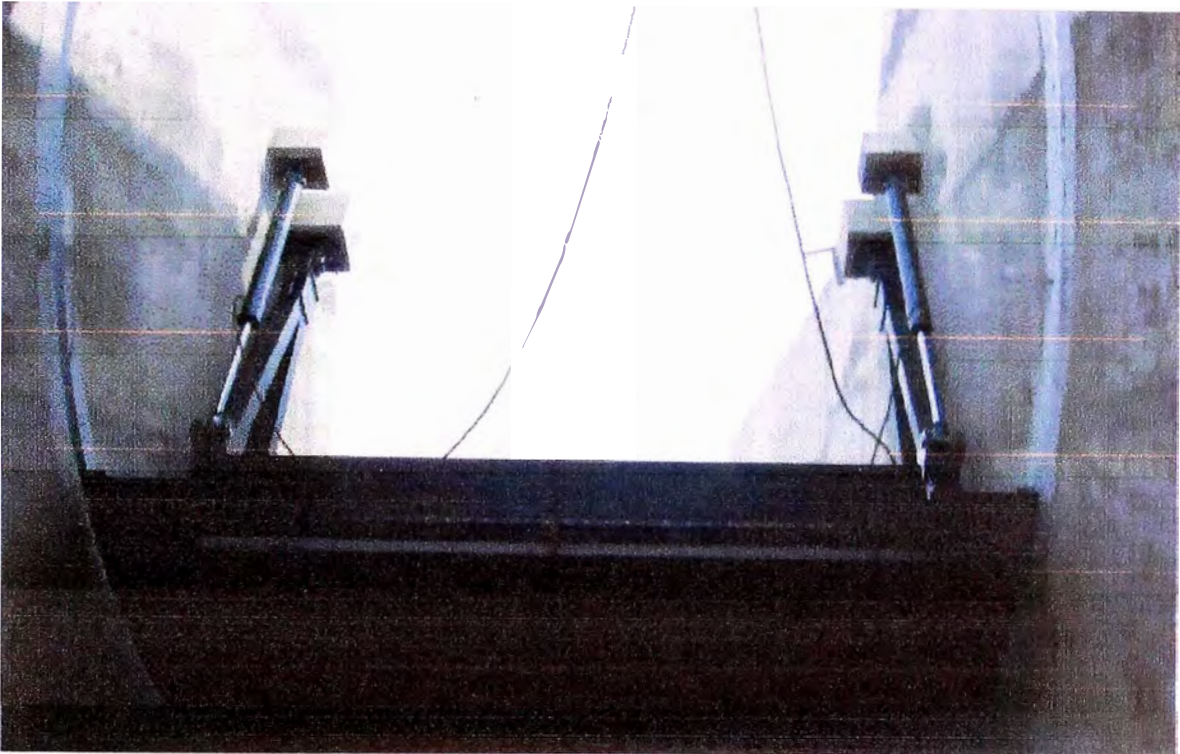


Figura : N°- 2.3 : Compuerta radial accionada por cilindros hidráulicos

PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL PUYANGO TUMBES
RECONSTRUCCIÓN BOCATOMA LA PALMA Y CANAL INTERNACIONAL
ZARUMILLA

2.2 CLASIFICACIÓN DE COMPUERTA.

Según la norma brasileña NBR7259 las compuertas se clasifican según su función y su movimiento.

2.2.1 Según su función :

- De servicio.
- De emergencia.
- De mantenimiento.

2.2.1.1 Las compuertas de servicio.- son utilizadas para regulación permanente del flujo de nivel de agua.

- Compuertas de aliviadero.
- Compuertas de descarga de fondo.
- Compuertas de cierre.
- Compuertas automáticas de control de inundaciones.

2.2.1.2 Las compuertas de emergencia.- son utilizadas esporádicamente en la interrupción de flujo de agua en ductos o canales; generalmente son proyectadas para funcionamiento normal en posición abierta. Solamente en casos especiales estas compuertas son utilizadas en abertura parcial, como por ejemplo :

- Compuertas de toma de agua.
- Compuertas instaladas antes de la válvula de servicio.
- Compuertas de mantenimiento, para equipos principales (turbinas, bombas u otras compuertas).
- Compuertas instaladas antes de las compuertas de servicio de descarga.

2.2.2 Según su movimiento.

De acuerdo a su movimiento ejecutado por la hoja de compuerta a lo largo de sus guías, las compuertas se clasifican en :

- **Compuertas de traslación**, son aquellas que ejecutan un movimiento de traslación. Pueden ser de tipo de deslizamiento o tipo de rodamiento.
 - Compuertas de deslizamiento, son compuertas plana, compuerta tipo cajón, compuerta cilíndrica.
 - Rolamiento: compuerta vagón, compuerta lagarta y compuerta stoney.
- **Compuertas de rotación**, son aquellas compuertas que ejecutan un movimiento de rotación a través de un eje fijo por ejemplo : compuerta tipo basculante, compuerta esclusa, compuerta segmento, compuerta radial.
- **Compuerta de traslación y rotación**, son aquellas compuertas que ejecutan un movimiento de rotación y traslación, por ejemplo compuerta rolante.

2.2.3 Según su descarga.

En función a la descarga de agua en relación a la posición de la hoja de compuerta, las compuertas se clasifican en:

- a) Compuerta de descarga por encima del tablero, son compuerta en las cuales la articulación está por encima del tablero, lo cual permite el paso del agua por encima de la hoja de compuerta, por ejemplo compuerta basculante.

- b) Compuertas de descarga por debajo del tablero, son compuertas que permiten la descarga de agua por debajo del tablero, por ejemplo compuerta plana (tipo tarjeta), compuerta gaveta, compuerta lagarta, etc.
- c) Compuerta de descarga por encima y por debajo del tablero, estas compuerta permiten la descarga de agua por encima y por debajo de la hoja de compuerta según la función operacional.

2.2.4 Según composición de la hoja de compuerta.

Las compuertas se pueden clasificar según los componentes que se adicionan a la hoja principal, según el lugar de ubicación y su función.

2.2.5 Según su localización.

Las compuertas pueden ser de superficie o de fondo, todas las compuertas de fondo deben estar dotadas de sellos en todo su perímetro, en cambio las compuertas de superficie no llevan sellos en la parte superior (dintel).

Las compuertas también se clasifican de acuerdo a la altura de agua sobre la solera:

Compuerta de baja presión: Hasta 15m de altura de agua sobre la solera.

Compuerta de mediana presión: De 15 a 30m de altura de agua sobre la solera.

Compuertas de alta presión: Más de 30m de altura de agua sobre la solera.

2.2.6 Según su geometría.

Según su geometría de la hoja de compuerta las compuertas pueden ser planas y radiales.

Los siguientes tipos tienen la hoja de compuerta plana : Compuerta gaveta, stoney, vagón, lagarta.

Los siguientes tipos tienen hoja de compuerta radial ; compuerta radial, segmento, sector, cilíndrica y rolante.

La compuerta basculante puede ser plana o radial.

2.3 TIPOS DE COMPUERTAS

Existen muchos tipos de compuerta (según la norma NBR7259) las cuales mencionaremos a continuación:

- Compuerta tipo gaveta (compuerta tipo tarjeta).
- Compuerta tipo vagón.
- Compuerta tipo radial.
- Compuerta tipo cajón.
- Compuerta tipo anillo.
- Compuerta tipo basculante, también denominada clapeta.
- Compuerta tipo cilindro.
- Compuerta tipo esclusa.
- Compuerta tipo lagarto.
- Compuerta rodante.
- Compuerta tipo sector.

- Compuerta tipo segmento.
- Compuerta tipo stoney.
- Compuerta tipo flap clapeta.

A través de los años muchos tipos de compuertas han sido diseñadas y construidas, pero muy pocas de ellas han permanecido y se encuentran en este momento en uso. Aquellas que permanecen tienen la característica de ser: simples en su estructura (teniendo en cuenta el trabajo a realizar), fáciles en la instalación, y económicas.

A continuación describiremos algunos tipos de compuertas.

2.3.1 Compuerta tipo gaveta (compuerta tipo tarjeta)

Compuerta plana de construcción más simple, consiste básicamente en un tablero que desliza dentro de una guía, la cual está embebida en concreto.

La compuerta gaveta es largamente utilizada en control de canales de regadío, obras de saneamiento, etc.

Estas compuertas pueden ser generalmente accionadas manualmente mediante volantes o manivelas.

El material de la compuerta depende de las condiciones de trabajo (Lugar de ubicación, presión del agua y diseño de los sellos de hermeticidad).



Figura N°- 2.4 : Compuerta tipo tarjeta de accionamiento por volante
SUB SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUA SUPERFICIAL – PIURA

2.3.2 Compuerta tipo vagón.

Las compuertas planas tipo vagón están diseñadas especialmente para controlar el flujo a través de grandes canales que pueden ser superficiales o de aguas profundas en la cual la economía y la facilidad de operación sean dos factores preponderantes, también son utilizadas para pequeños canales pero de aguas profundas. Son denominadas compuertas vagón ya que cuentan con ruedas laterales, las cuales facilitan el montaje y la operación de la compuerta porque minimizan los efectos de fricción además los sellos de la compuerta son de caucho los cuales sirven para evitar las filtraciones de agua.



Figura N°- 2.5 : Montaje de compuerta vagón con viga pinza, accionada por winche eléctrico

PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL PUYANGO TUMBES
RECONSTRUCCIÓN BOCATOMA LA PALMA Y CANAL INTERNACIONAL
ZARUMILLA

2.3.3 Compuerta tipo radial.

Son compuertas pivotantes que pueden ir en los canales y aliviaderos de presas como elementos de control del nivel del agua o como elemento de regulación y descarga de desagües profundos de presas.

Generalmente son accionadas por sistema hidráulico.

El diseño de esta compuerta es útil ya que es económica y su levantamiento requiere de poca fuerza y es confiable. La mayor ventaja de estas compuertas es su funcionamiento hidráulico y la facilidad de represar ríos anchos sin necesidad de contrafuertes intermedios.



Figura N°- 2.6 : Fabricación de compuerta radial

PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL PUYANGO TUMBES
RECONSTRUCCIÓN BOCATOMA LA PALMA Y CANAL INTERNACIONAL
ZARUMILLA

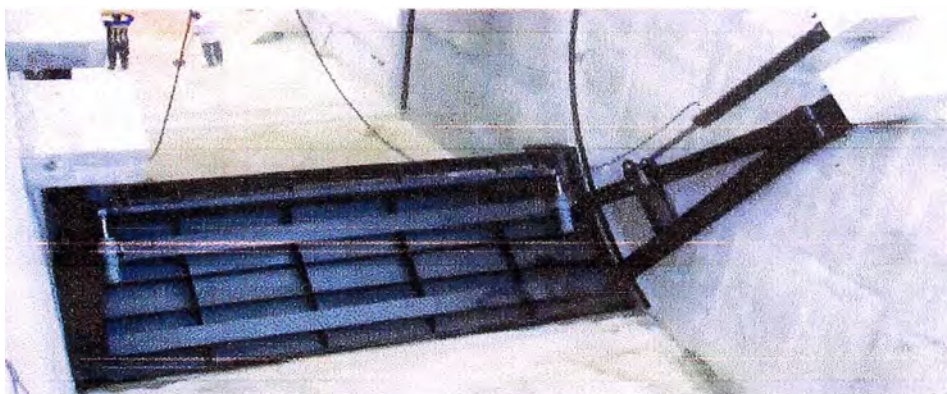


Figura N°- 2.7 : Montaje de compuerta radial accionada por cilindros hidráulicos

PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL PUYANGO TUMBES
RECONSTRUCCIÓN BOCATOMA LA PALMA Y CANAL INTERNACIONAL
ZARUMILLA

2.3.4 Compuerta tipo basculante.

Compuerta basculante o de clapeta, puede ser utilizada tanto en la cima del vertedero de una presa como instalado en el fondo de un río canal.



Figura N°- 2.8 : FABRICACIÓN DE COMPUERTA BASCULANTE



Figura N°- 2.9 : ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA COMPUERTA BASCULANTE UBICADO EN EL FONDO DE UNA LAGUNA

2.3.5 Compuerta tipo cilindro.

Este tipo de compuerta fue ideada en Europa hace más de cincuenta años y permitió por primera vez el diseño de presas de grandes luces.

Consiste en un cilindro de acero el cual puede levantarse rodando sobre dos guías inclinadas, con un movimiento de forma longitudinal, lo cual permite el cierre o apertura de la misma.

Las compuertas cilíndricas se utilizan para descargas en presión permitiendo la colocación de la sección de toma a cualquier profundidad, en un embalse. Este tipo de compuerta proporciona una instalación simple y efectiva pero no son muy comúnmente usadas debido a que la regulación del nivel de agua se efectúa alzando el cilindro y dejando pasar el agua por debajo.

En ciertos casos éste sistema no permite una regulación muy exacta del nivel y pueden producirse grandes pérdidas de agua. Con el fin de eliminar estos inconvenientes se han diseñado los cilindros sumergibles que pueden bajarse algo para dejar pasar el agua por encima y se levantan para el paso de mayores caudales.

2.3.6 Compuerta tipo esclusa

Las compuertas tipo esclusa tienen bisagras verticales. Se accionan por medios mecánicos o por pistones hidráulicos. La compuerta se abre para permitir el paso del buque. Solo se puede abrir cuando la diferencia entre los niveles de agua fuera y dentro de la esclusa es de unos pocos centímetros.



Figura N°- 2.10 : COMPUERTA TIPO ESCLUSA

2.3.7 Compuertas tipo flap o clapeta

Este tipo de compuerta consiste en una placa con bisagras que gira alrededor de un eje en su extremo inferior y transmiten el empuje hidrostático directamente hacia la solera.

Dicha placa puede ser plana o curva para dar una mejor característica a la descarga.

La posición de la placa debe ser controlada ya sea hidráulicamente o alzando las conexiones que tiran o empujan la parte seleccionada bajo la compuerta.

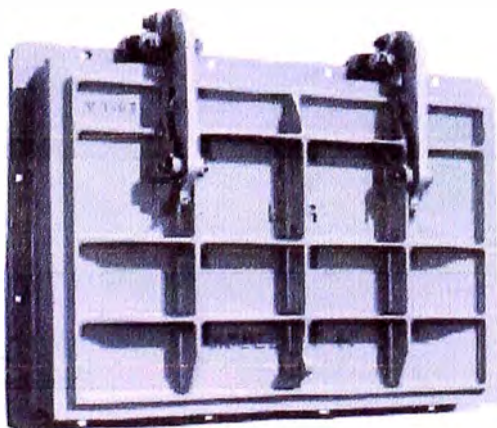


Figura N°- 2.11

COMPUERTA FLAP GATE

2.4 APLICACIONES

- Control de flujos de aguas.
- Control de inundaciones.
- Proyectos de irrigación.
- Crear reservas de agua.
- Sistemas de drenaje.
- Proyectos de aprovechamiento de suelo.
- Plantas de tratamiento de agua.

CAPITULO III

CALCULO JUSTIFICATIVO DE LA COMPUERTA VAGON

3.1 CRITERIOS DE DISEÑO

3.1.1 Condiciones de Diseño

El calculo estructural de la hoja de compuerta, se a efectuado bajo las condiciones de carga normal de acuerdo a la norma DIN 19704 y la norma brasileña NBR 8883

3.2 CÁLCULO DE LA CARGA HIDRAULICA

3.2.1 Datos Hidraulicos y Geometricos

Vano de la compuerta : 1.20 x 1.20 (bxh)

Peso específico del agua

$$\gamma_a := 1000 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

Altura máxima de carga de agua:

(Condición de carga normal. Ver Figura 3.1)

$$H_a := (4307.70 - 4292.40) \cdot \text{m} = 15.3 \text{ m}$$

Ancho de compuerta entre sellos verticales:

$$B = 1.357 \text{ m} \quad (\text{ver Figura 3.2})$$

Distancia horizontal entre ruedas:

$La := 1.451 \cdot m$ (ver Figura 3.2)

Altura de compuerta:

$h := 1.300 \cdot m$ (ver Figura 3.3)

Punto de aplicación de la carga hidráulica:

$$ha := \frac{h}{3} \cdot \left(1 + \frac{Ha - h}{2 \cdot Ha - h} \right) = 0.64 \text{ m}$$

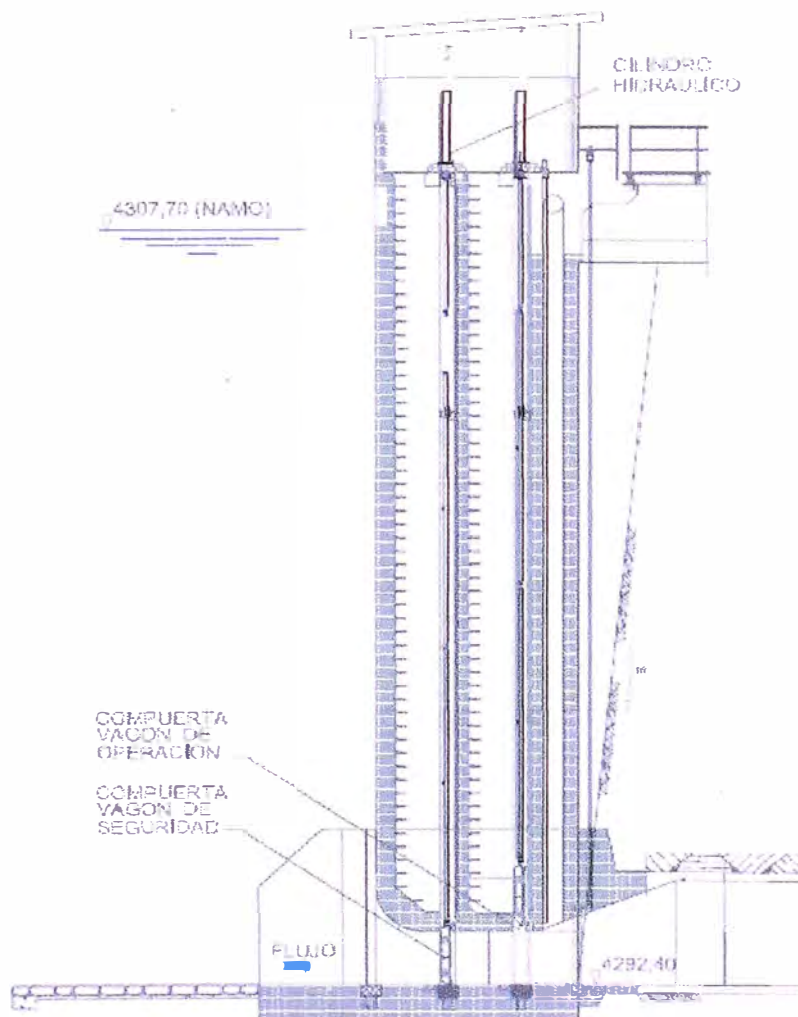


Figura 3.1 - Disposición general de la compuerta.



Figura 3.2 - Sección transversal de la compuerta.

3.3 CÁLCULO DE LA HOJA DE COMPUERTA

3.3.1 Espesores Mínimos

Espesor mínimo de paramento: $e = 9.5 \text{ mm}$.

Espesor mínimo de refuerzos y elementos secundarios: $e = 7.5 \text{ mm}$.

Espesor mínimo de estructuras empotradas: $e = 7.5 \text{ mm}$.

3.3.2 Propiedades Mecánicas del Material

Acero **ASTM A36**:

Acero **INOX. TIPO 304**:

$$\gamma_{ac} := 7850 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{acx} := 7930 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

Peso específico

$$E := 199948 \text{ MPa}$$

$$E_x := 190000 \text{ MPa}$$

Módulo Elástico

$$S_y := 248.21 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{yx} := 206.85 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo de fluencia

3.3.3 Esfuerzo Admisible del Acero

0.67 : Factor de esfuerzo admisible de tracción y/o compresión, para condiciones de carga normal, según DIN 19704.

Acero ASTM A36:

Acero INOX. TIPO 304:

$$\sigma_{adm} := 0.67 \cdot S_y$$

$$\sigma_{adm} := 0.67 \cdot S_{yx}$$

$$\sigma_{adm} = 166.3007 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{adm} = 138.5895 \cdot \text{MPa}$$

3.3.4 Esfuerzos de Flexión en la Plancha Hoja de Compuerta

De acuerdo a la norma DIN 19704, los esfuerzos de flexión en la plancha debido a la acción directa de la presión del agua, son calculadas por la teoría de elasticidad, a través de la fórmula siguiente:

$$\sigma = \frac{k}{100} \cdot p \cdot \frac{a^2}{t^2}$$

Donde :

k = Coeficiente adimensional dado por la Tabla 3.1, en función de la relación entre b y a, de los módulos formados por las vigas y/o regidizadores y las condiciones de apoyo del módulo.

3.3.5 Estimacion de Vigas Horizontales

Para estimar el numero de vigas horizontales utilizaremos la formula empirica :

$$N := 100 \cdot h \cdot \frac{\sqrt{\frac{Ht}{2 \cdot \sigma_{adm}}}}{t}$$

Donde :

N = Numero de vigas horizontales

h = Altura de compuerta(m)

t = Espesor de hoja de compuerta

Ht = altura de agua al centro de la compuerta(m)

σ_{adm} = tension admisible a flexion(MPa)

$$h := 1.3$$

$$t := 9.5$$

$$Ht := 14.65$$

$$\sigma_{adm} := 166.3007$$

$$N := 100 \cdot h \cdot \frac{\sqrt{\frac{Ht}{2 \cdot \sigma_{adm}}}}{t}$$

$$N = 2.8719$$

Se selecciona 03 vigas horizontales

3.3.6 Ubicacion de las Vigas Horizontales

H = altura del agua sobre la solera

h = altura de la hoja de compuerta

n = cantidad de vigas

$$H := 15.3m$$

$$n := 3$$

$$h := 1.3m$$

$$\beta := n \cdot \frac{(H - h)^2}{H^2 - (H - h)^2}$$

$$\beta = 15.4371$$

Posicion de la viga horizontal (Y(k))

$$y(k) := 2 \cdot H \cdot \frac{\left[(k + \beta)^{\frac{3}{2}} - (k - 1 + \beta)^{\frac{3}{2}} \right]}{3 \cdot \sqrt{n + \beta}}$$

$$y(1) : 14.23 \text{ m}$$

$$y(2) : 14.70 \text{ m.}$$

$$y(3) : 15.11 \text{ m}$$

Luego tenemos la cota vertical de las vigas con respecto al nivel máximo de agua:

$$\text{Viga (1)} : 4307.70 - 14.23 = 4293.47 \text{ m.}$$

$$\text{Viga(2)} : 4307.70 - 14.7 = 4293.00 \text{ m.}$$

$$\text{Viga(3)} : 4307.70 - 15.11 = 4292.59 \text{ m.}$$

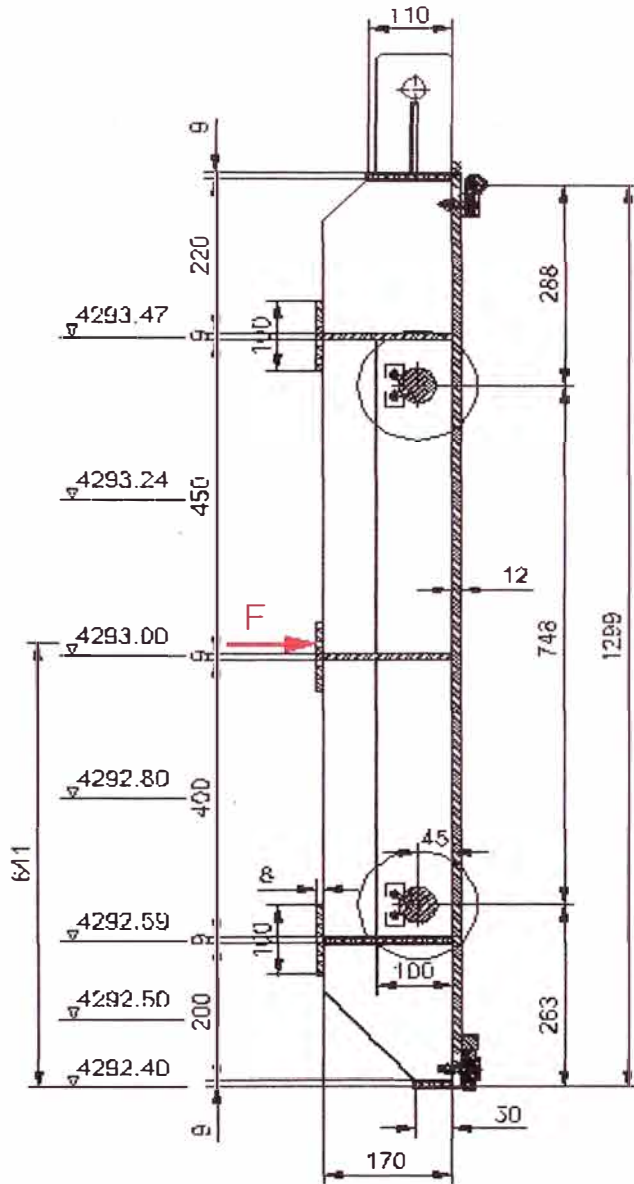


Figura 3.3 - Sección longitudinal de la compuerta.

De la figura 3.1 y 3.3 tenemos :

Carga hidráulica en la placa crítica:

$$H_m := (4307.70 - 4292.80) \cdot m = 14.9 \text{ m}$$

Carga hidráulica en la placa inferior:

$$H_{m1} := (4307.70 - 4292.50) \cdot m = 15.2 \text{ m}$$

Carga hidráulica en viga horizontal inferior:

$$H_v := (4307.70 - 4292.59) \cdot m = 15.11 \text{ m}$$

3.3.7 Datos Para el Cálculo de Esfuerzos

$$a := 0.400 \cdot m \quad a_i := 0.200 \cdot m \quad \text{Dimensión menor de placa crítica e inferior}$$

$$b := 0.557 \cdot m \quad b_i := 0.678 \cdot m \quad \text{Dimensión mayor del módulo}$$

$$t_w := 9.5 \cdot mm \quad \text{Espesor estimado de plancha}$$

Altura de columna de agua en el centro de las placas

$$H_m = 14.9 \text{ m} \quad H_{m1} = 15.2 \text{ m}$$

Cociente entre dimensión mayor y menor de placas

$$\frac{b}{a} = 1.3925 \quad \frac{b_i}{a_i} = 3.39$$

Presión hidrostática en el centro de la plancha.

$$p := 1.1 \cdot \gamma_a \cdot H_m \quad p_1 := 1.1 \cdot \gamma_a \cdot H_{m1}$$

$$p = 0.1607 \cdot MPa \quad p_1 = 0.164 \cdot MPa$$

Tabla 3.1 - Coeficientes k (DIN 19704)

b/a	4 lados apoyados		4 lados empotrados				1 lado apoyado y 3 empotrados				1 lado apoyado y 3 empotrados			
	$\pm \sigma_{1x}$	$\pm \sigma_{1y}$	$\pm \sigma_{1x}$	$\pm \sigma_{1y}$	$\pm \sigma_{4y}$	$\pm \sigma_{3x}$	$\pm \sigma_{1x}$	$\pm \sigma_{1y}$	$\pm \sigma_{4y}$	$\pm \sigma_{3x}$	$\pm \sigma_{1x}$	$\pm \sigma_{1y}$	$\pm \sigma_{2y}$	$\pm \sigma_{3x}$
∞	75.0	22.5	25.0	7.5	34.2	50.0	37.5	11.3	47.2	75.0	25.0	7.5	34.2	50.0
3.0	71.3	24.4	25.0	7.5	34.3	50.0	37.4	12.0	47.1	74.0	25.0	7.6	34.2	50.0
2.5	67.7	25.8	25.0	8.0	34.3	50.0	36.6	13.3	47.0	73.2	25.0	8.0	34.2	50.0
2.0	61.0	27.8	24.7	9.5	34.3	49.9	33.8	15.5	47.0	68.3	25.0	9.0	34.2	50.0
1.75	55.8	28.9	23.9	10.9	34.3	48.8	30.8	16.5	46.5	63.2	24.6	10.1	34.1	48.9
1.5	48.7	29.9	22.1	12.2	34.3	45.5	27.1	18.1	46.5	56.5	23.2	11.4	34.1	47.3
1.25	39.6	30.1	18.8	13.5	33.9	40.3	21.4	18.4	42.5	47.2	20.8	12.9	34.1	44.8
1.0	28.7	28.7	13.7	13.7	30.9	30.9	14.4	16.6	36.0	32.8	16.6	14.2	32.8	36.0

De la Tabla 3.1, para el caso de módulos con cuatro lados "empotrados", se tiene los siguientes coeficientes:

$$\frac{b}{a} = 1.3925 \implies k_{1x} := 22.1 \quad k_{1y} := 12.2 \quad k_{4y} := 34.3 \quad k_{3x} := 45.5$$

$$\frac{b_i}{a_i} = 3.39 \implies k_{1x1} := 25.0 \quad k_{1y1} := 7.5 \quad k_{4y1} := 34.3 \quad k_{3x1} := 50.0$$

3.3.8 Cálculo de Esfuerzos

Los esfuerzos en la placa son:

$$\sigma_{1x} := \frac{k_{1x}}{100} \cdot p \cdot \frac{a^2}{t^2} \quad \sigma_{1x} = 56.8345 \cdot \text{MPa}(\pm) \quad \sigma_{1x1} := \frac{k_{1x1}}{100} \cdot p_1 \cdot \frac{a_i^2}{t^2} \quad \sigma_{1x1} = 16.3967 \cdot \text{MPa}(\pm)$$

$$\sigma_{1y} := \frac{k_{1y}}{100} \cdot p \cdot \frac{a^2}{t^2} \quad \sigma_{1y} = 31.3747 \cdot \text{MPa}(\pm) \quad \sigma_{1y1} := \frac{k_{1y1}}{100} \cdot p_1 \cdot \frac{a_i^2}{t^2} \quad \sigma_{1y1} = 4.919 \cdot \text{MPa} (\pm)$$

$$\sigma_{4y} := \frac{k_{4y}}{100} \cdot p \cdot \frac{a^2}{t^2} \quad \sigma_{4y} = 88.2092 \cdot \text{MPa}(\pm) \quad \sigma_{4y1} := \frac{k_{4y1}}{100} \cdot p_1 \cdot \frac{a_i^2}{t^2} \quad \sigma_{4y1} = 22.4963 \cdot \text{MPa}(\pm)$$

$$\sigma_{3x} := \frac{k_{3x}}{100} \cdot p \cdot \frac{a^2}{t^2} \quad \sigma_{3x} = 129.6534 \cdot \text{MPa} (\pm) \quad \sigma_{3x1} := \frac{k_{3x1}}{100} \cdot p_1 \cdot \frac{a_1^2}{t^2} \quad \sigma_{3x1} = 36.3362 \cdot$$

De la Tabla 3.1 se obtiene tambien:

$$\sigma_{4x} := 0.3 \cdot \sigma_{4y} \quad \sigma_{4x} = 29.3216 \cdot \text{MPa} (\pm)$$

$$\sigma_{3y} := 0.3 \cdot \sigma_{3x} \quad \sigma_{3y} = 38.896 \cdot \text{MPa} (\pm)$$

$$\sigma_{4x1} := 0.3 \cdot \sigma_{4y} \quad \sigma_{4x1} = 7.478 \cdot \text{MPa} (\pm)$$

$$\sigma_{3y1} := 0.3 \cdot \sigma_{3x} \quad \sigma_{3y1} = 10.9009 \cdot \text{MPa} (\pm)$$

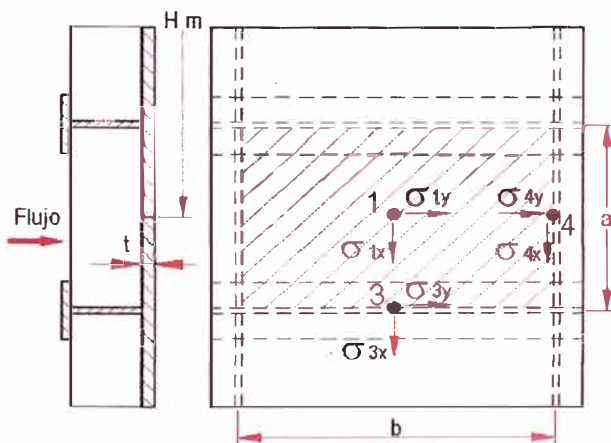


Figura 3.4 - Placa de hoja de compuerta

Esfuerzo admisible en caso de esfuerzos biaxiales

$$\sigma_{adme} := 1.25 \cdot \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{adme} := 207.8758 \text{MPa}$$

Verificación por Esfuerzo Equivalente

$$\sigma_{3e} := \sqrt{\sigma_{3x}^2 + \sigma_{3y}^2 - \sigma_{3x} \cdot \sigma_{3y}} \quad \sigma_{3e} = 115.2384 \cdot \text{MPa} << \sigma_{adme}$$

$$\sigma_{3e1} := \sqrt{\sigma_{3x1}^2 + \sigma_{3y1}^2 - \sigma_{3x1} \cdot \sigma_{3y1}} \quad \sigma_{3e1} = 32.2963 \cdot \text{MPa} \ll \sigma_{adme}$$

$$\sigma_{1e} := \sqrt{\sigma_{3x}^2 + \sigma_{3y}^2 - \sigma_{3x} \cdot \sigma_{3y}} \quad \sigma_{3e} = 115.2384 \cdot \text{MPa} \ll \sigma_{adme}$$

$$\sigma_{1e1} := \sqrt{\sigma_{1x1}^2 + \sigma_{1y1}^2 - \sigma_{1x1} \cdot \sigma_{1y1}} \quad \sigma_{1e1} = 16.1482 \cdot \text{MPa} \ll \sigma_{adme}$$

$$\sigma_{4e} := \sqrt{\sigma_{4x}^2 + \sigma_{4y}^2 - \sigma_{4x} \cdot \sigma_{4y}} \quad \sigma_{4e} = 86.872 \cdot \text{MPa} \ll \sigma_{adme}$$

$$\sigma_{4e1} := \sqrt{\sigma_{4x1}^2 + \sigma_{4y1}^2 - \sigma_{4x1} \cdot \sigma_{4y1}} \quad \sigma_{4e1} = 22.1553 \cdot \text{MPa} \ll \sigma_{adme}$$

3.3.9 Flexión de las Placas

Flexión admisible:

$$f_a := \frac{a}{750} \quad f_a = 0.0533 \cdot \text{cm}$$

$$f_{ai} := \frac{a_i}{750} \quad f_{ai} = 0.0267 \cdot \text{cm}$$

Flexión máxima en las placas

La flexión máxima de la plancha ocurre en el centro de la placa y está

dado por:

$$f_h = \frac{\alpha \cdot p \cdot a^4}{E \cdot t^3}$$

Donde:

α = coeficiente de Timoshenko, es función de la relación b/a

t = espesor de placa

p = presión hidrostática en el centro de la placa

a = longitud del menor de la placa

E = Módulo de elasticidad del acero.

Flexión en la placa crítica:

coeficiente de Timoshenko para valores de b/a próximo a 1.4

$$\alpha := 0.0226$$

$$f_h := \frac{\alpha \cdot p \cdot a^4}{E \cdot t^3} = 0.0542 \cdot \text{cm} < f_a = 0.0533 \cdot \text{cm} \quad \text{OK!}$$

Flexión en la placa inferior:

coeficiente de Timoshenko para valores de b/a mayores de 2.0

$$\alpha_i := 0.0284$$

$$f_{hi} := \frac{\alpha_i \cdot p_1 \cdot a_i^4}{E \cdot t^3} = 4.35 \times 10^{-3} \cdot \text{cm} < f_{ai} = 0.0267 \cdot \text{cm} \quad \text{OK!}$$

3.4.0 CÁLCULO DE LA VIGA HORIZONTAL PRINCIPAL

3.4.1 Carga Hidráulica Actuante en la Viga Horizontal

Ancho de carga hidráulica actuante en la viga horizontal

$$A_h := 0.400 \cdot \text{m}$$

$$W_h := 1.1 \cdot \gamma_a \cdot H_v \cdot B \cdot A_h = 88.4744 \cdot \text{kN}$$

3.4.2 Diagrama de Cuerpo Libre

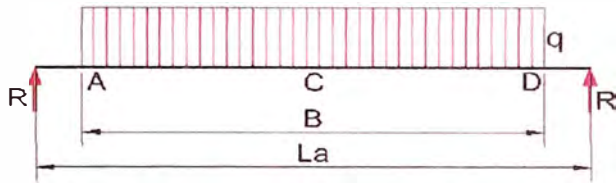


Figura 3.5 - Diagrama de cuerpo libre

3.4.3 Carga Distribuida

Carga distribuida actuante en la viga horizontal

$$q := \frac{Wh}{B} = 65.1985 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.4.4 Ancho útil de plancha forro que participa como ala de viga

$$ef := 12\text{mm}$$

$$\text{Ancho util} < 32 \cdot ef = 0.384 \text{ m}$$

3.4.5 Sección Transversal de la Viga Horizontal

$$a1 := 0.380 \cdot \text{m} \quad \text{Ancho de ala}$$

$$e1 := 0.0105 \cdot \text{m} \quad A1 := a1 \cdot e1$$

$$a2 := 0.160 \cdot \text{m}$$

$$e2 := 0.0075 \cdot \text{m} \quad A2 := a2 \cdot e2$$

$$a3 := 0.100 \cdot \text{m}$$

$$e3 := 0.0075 \cdot \text{m} \quad A3 := a3 \cdot e3$$

Peralte de Viga:

$$d := e1 + a2 + e3 = 0.178 \text{ m}$$

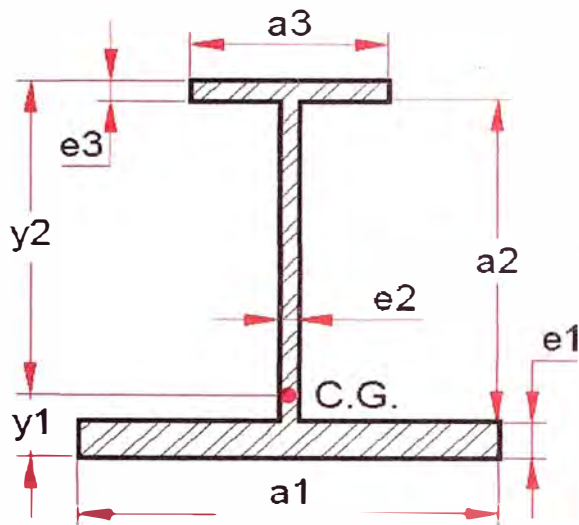


Figura 3.6 - Sección transversal de la viga

Area de sección transversal

$$A_v := A_1 + A_2 + A_3 = 5.94 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{Area de sección de la viga}$$

3.4.6 Centro de gravedad

Distancia "y1" al centro de gravedad

$$y_1 := \frac{A_1 \cdot \frac{e_1}{2} + A_2 \cdot \left(e_1 + \frac{a_2}{2} \right) + A_3 \cdot \left(e_1 + a_2 + \frac{e_3}{2} \right)}{A_v}$$

$$y_1 = 0.0438 \text{ m}$$

Distancia "y2" al centro de gravedad

$$y_2 := (e_1 + a_2 + e_3) - y_1 \quad y_2 = 0.1342 \text{ m}$$

3.4.7 Momento de inercia

$$I_{xx} := \frac{a1 \cdot e1^3}{12} + \frac{e2 \cdot a2^3}{12} + \frac{a3 \cdot e3^3}{12} + A1 \cdot \left(y1 - \frac{e1}{2} \right)^2 + A2 \cdot \left(\frac{a2}{2} - y1 + e1 \right)^2 + A3 \cdot \left(y2 - \frac{e3}{2} \right)^2$$

$$I_{xx} = 2.391 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

3.4.8 Módulo de Inercia Viga Horizontal

$$S1 := \frac{I_{xx}}{y1} \quad S2 := \frac{I_{xx}}{y2}$$

3.4.9 Momento Flector Máximo

$$M_c := \frac{1}{8} \cdot (2 \cdot La - B) \cdot Wh = 17.0866 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

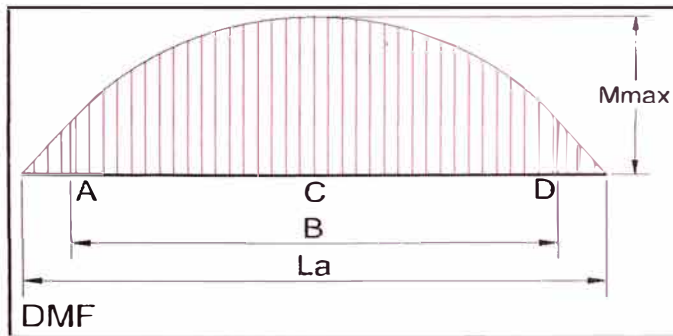


Figura 3.7 - Diagrama de momento flector

3.4.10 Flexión Admisible en la Viga Horizontal

Flexión admisible en la viga horizontal

$$f_{adh} := \frac{La}{750} = 0.1935 \cdot \text{cm}$$

3.4.11 Flexión Máxima en la viga Horizontal

Flexión máxima en el centro de la viga

$$f_c := \frac{5}{384} \cdot \frac{W_h \cdot L_a^3}{E \cdot I_{xx}}$$

$$f_c = 0.0736 \cdot \text{cm} \quad f_c < f_{adh} \implies \text{Ok}$$

3.4.12 Esfuerzos Máximos en la Viga Horizontal

Esfuerzo máximo de tracción

$$\sigma_{\max 1} := \frac{M_c}{S_1}$$

$$\sigma_{\max 1} = 31.3084 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{\max} < \sigma_{adm} \quad \text{OK !}$$

Esfuerzo máximo de compresión

$$\sigma_{\max 2} := \frac{M_c}{S_2}$$

$$\sigma_{\max 2} = 95.896 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{\max} < \sigma_{adm} \quad \text{OK !}$$

3.4.13 Estabilidad del Alma

$$\frac{a_2}{e_2} = 21.3333 < 45 \quad \text{Se cumple la estabilidad del alma} \quad \text{Ok!}$$

3.5.0 CÁLCULO DE LA VIGA VERTICAL

3.5.1 Sección Transversal de la Viga

$v_t := 0.122 \cdot \text{m}$ Sección neta en zona de agujero para ruedas.

$v_1 := 0.032 \cdot \text{m}$

$d_v := 0.050 \cdot \text{m}$

$v_2 := v_t - v_1 - d_v = 0.04 \cdot \text{m}$

$e_v := 7.5 \cdot \text{mm}$

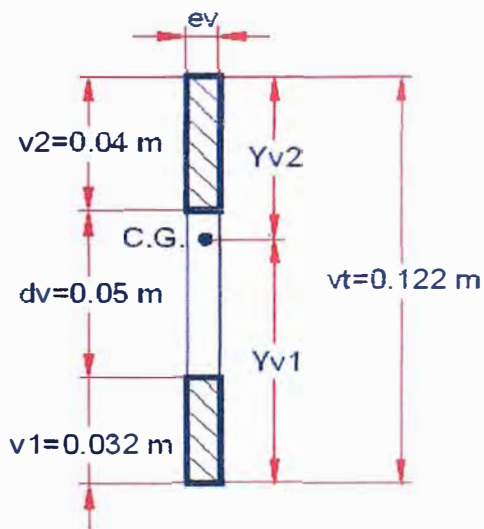


Figura 3.8 - Sección transversal de viga vertical

Area de sección transversal:

$$A_{v1} := e_v \cdot v_1 = 2.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{v2} := e_v \cdot v_2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{vt} := A_{v1} + A_{v2} \quad \text{Area neta total.}$$

Centro de gravedad:

$$y_{v1} := \frac{A_{v1} \cdot \frac{v1}{2} + A_{v2} \cdot \left(v_t - \frac{v2}{2} \right)}{A_{vt}} = 0.0638 \text{ m}$$

$$y_{v2} := v_t - y_{v1} = 0.058 \text{ m}$$

Momento de Inercia:

$$I_{xv} := \frac{e_v \cdot v1^3}{12} + \frac{e_v \cdot v2^3}{12} + A_{v1} \cdot \left(\frac{v1}{2} \right)^2 + A_{v2} \cdot \left(v_t - \frac{v2}{2} \right)^2 = 3.2431 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Módulos de Inercia:

$$S_{1v} := \frac{I_{xv}}{y_{v1}} \quad S_{2v} := \frac{I_{xv}}{y_{v2}}$$

3.5.2 Datos Hidráulicos

Altura de carga de agua en la solera

$$H_a = 15.3 \text{ m}$$

Distancia vertical de solera al eje de rueda inferior (Figura 1.2).

$$L_1 := 0.263 \cdot \text{m}$$

Distancia vertical entre ejes de ruedas.

$$L_2 := 0.748 \cdot \text{m}$$

Distancia vertical del eje superior al dintel.

$$L_3 := 0.288 \cdot \text{m}$$

Vano

$$B = 1.357 \text{ m}$$

$$H_{aa} := H_a - L_1$$

$$H_{ad} := H_{aa} - L_2$$

$$H_s := H_{ad} - L_3$$

$$b_v := \frac{B}{2} \quad \text{Ancho asignado a cada viga.}$$

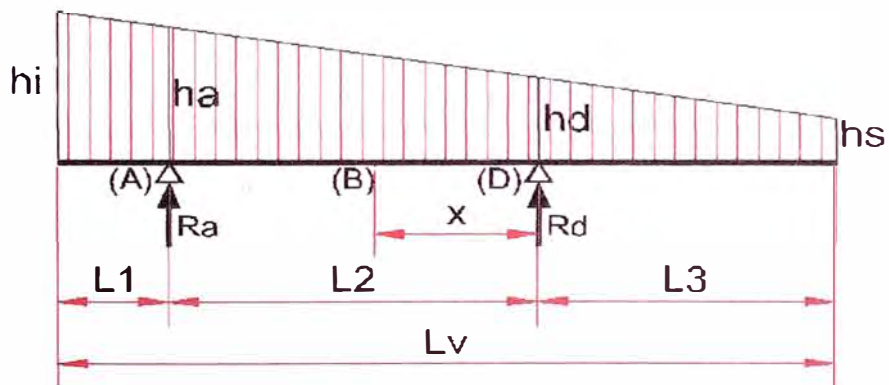


Figura 3.9 - Diagrama de cuerpo libre.

3.5.3 Momentos Flectores

$$M_{av} := 1.1 \cdot \gamma_a \cdot \frac{L_1^2}{6} \cdot (2 \cdot H_a + H_{aa}) \cdot b_v$$

$$M_{av} = 3.8507 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{dv} := 1.1 \cdot \gamma_a \cdot \frac{L_3^2}{6} \cdot (2 \cdot H_s + H_{ad}) \cdot b_v$$

$$M_{dv} = 4.279 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

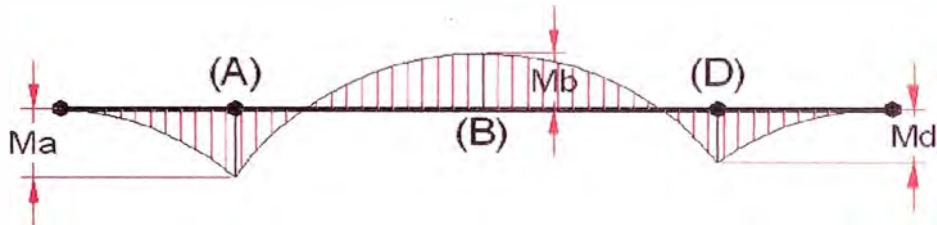


Figura 3.10 - Diagrama de Momento Flector

3.5.4 Cálculo de Esfuerzos Máximos en la Viga Vertical

$$\sigma_{\max 1v} := \frac{M_{dv}}{S_{1v}} \quad \text{Esfuerzo de compresión}$$

$$\sigma_{\max 1v} = 84.1494 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{\max 1v} < \sigma_{\text{adm}} \text{ OK !}$$

$$\sigma_{\max 2v} := \frac{M_{dv}}{S_{2v}} \quad \text{Esfuerzo de tracción}$$

$$\sigma_{\max 2v} = 76.8194 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{\max 2v} < \sigma_{\text{adm}} \text{ OK !}$$

3.5.5 Estabilidad del Alma

$$\frac{v_t}{e_v} = 16.2667 < 45 \quad \text{Se cumple la estabilidad del alma} \quad \text{Ok!}$$

3.6.0 CÁLCULO DE RUEDAS

3.6.1 Carga de Compresión Admisible en las Ruedas

$D_{rueda} := 7.05$ Diámetro de rueda en pulgadas.

$A_{rueda} := 2.17$ Ancho de rueda en pulgadas

$BHN := 175$ Dureza del acero AISI 304.

$P_{adm} := 0.5 \cdot (24.5 \cdot BHN - 2200) \cdot A_{rueda} \cdot D_{rueda} \cdot lbf$

$P_{adm} = 71.03 \cdot kN$

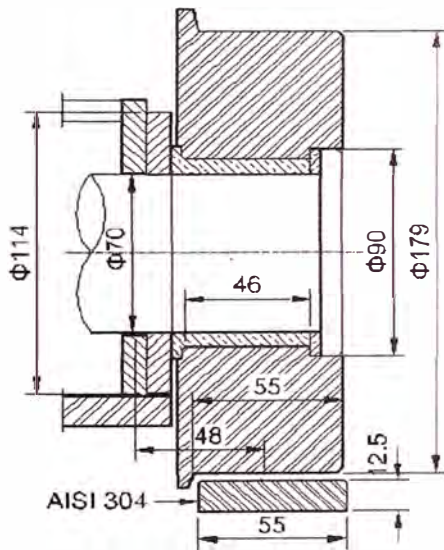


Figura 3.11 - Detalle de rueda

3.6.2 Carga Actuante en cada Rueda

$P = 69.697 \cdot kN \leq P_{adm}$ OK!

3.7.0 CÁLCULO DE EJE DE RUEDA

3.7.1 Dimensiones del Eje (AISI 304)

Leje := 48·mm Longitud de eje entre extremo y apoyo

Deje := 70·mm Diámetro del eje

P = 69.697·kN Fuerza acutante en el eje

$$I_{xe} := \frac{\pi \cdot \text{Deje}^4}{64} \quad \text{Momento de inercia}$$

$$S_{xe} := \frac{I_{xe}}{\frac{\text{Deje}}{2}} \quad \text{Módulo de inercia}$$



Figura 3.12 - Eje de rueda

3.7.2 Flexión Admisible

$$f_{adeje} := \frac{\text{Leje}}{750} = 0.064 \cdot \text{mm}$$

3.7.3 Momento Máximo

$$M_{\text{max}} := P \cdot \text{Leje}$$

3.7.4 Esfuerzo de Flexión Máximo

$$\sigma_{\text{maxeje}} := \frac{M_{\text{max}}}{S_{xe}}$$

$$\sigma_{\text{maxeje}} = 99.3485 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{\text{adm}} = 138.5895 \cdot \text{MPa} \quad \text{OK!}$$

3.7.5 Flexión Máxima

$$f_{\text{max}} := \frac{P \cdot L_{\text{eje}}^3}{3 \cdot E_x \cdot I_x}$$

$$f_{\text{max}} = 0.0115 \cdot \text{mm} < f_{\text{admis}} \quad \text{OK!}$$

3.8.0 CÁLCULO DE BUJE

3.8.1 Dimensiones del Bujete (Bronce SAE 62)

$$D_i := 50 \cdot \text{mm} \quad \text{Diámetro interior}$$

$$B_b := 45 \cdot \text{mm} \quad \text{Ancho de buje}$$

$$P = 69.697 \cdot \text{kN} \quad \text{Carga en cada rueda}$$

3.8.2 Esfuerzo de Cedencia (Fluencia del bronce):

$$S_{yb} := 124 \cdot \text{MPa}$$

3.8.3 Esfuerzo Admisibile de Contacto

$$\sigma_{\text{adma}} := 0.8 \cdot S_{yb}$$

$$\sigma_{\text{adma}} = 99.2 \cdot \text{MPa}$$

3.8.4 Esfuerzo máximo de contacto en el buje

$$\rho_{\text{maxb}} := \frac{P}{D_i \cdot B_b} = 30.9765 \cdot \text{MPa} < \sigma_{\text{adma}} = 99.2 \cdot \text{MPa} \quad \text{Ok!}$$

3.9.0 CÁLCULO DE LA FUERZA DE ACCIONAMIENTO

3.9.1 Datos Generales

$d_c := 0.191 \cdot m$ Profundidad de la compuerta

$B_c := 1.383 \cdot m$ ancho entre caras externas

$\gamma_{\text{sello}} := 1230 \cdot \frac{\text{kgf}}{m^3}$ peso específico de caucho sintético

3.9.2 Fuerzas Actuantes

Las fuerzas actuantes durante el movimiento de la estructura son los siguientes:

$G_{\text{comp}} =$ Peso de compuerta y mecanismo de accionamiento

$E_{\text{arq}} =$ Empuje de Arquímedez

$F_r =$ Fuerza de fricción en apoyos o ruedas

$F_v =$ Fuerza de fricción en sellos

$F_h =$ Fuerzas hidrodinámicas

3.10.0 PESO DE COMPUERTA

3.10.1 Tablero

$V_{\text{ac}} := 0.061 \cdot m^3$ Volumen de acero (dato obtenido del modelo 3D).

$P_{\text{tablero}} := \gamma_{\text{ac}} \cdot V_{\text{ac}} = 4.6959 \cdot kN$ Peso de tablero

3.10.2 Sellos

$V_{\text{sello}} := 0.0087 \cdot m^3$ Volumen del sello

$P_{\text{sello}} := \gamma_{\text{sello}} \cdot V_{\text{sello}} = 0.1049 \cdot kN$ Peso de sello

3.10.3 Vástago de Izaje

$$V_{mec} := 0.03648 \cdot m^3 \quad \text{Volumen estimado}$$

$$P_{mec} := \gamma_{ac} \cdot V_{mec} = 2.8083 \cdot kN \quad \text{Peso de vástago de izaje}$$

3.10.4 Peso Total

$$P_{total} := P_{tablero} + P_{sello} + P_{mec} = 7.6092 \cdot kN$$

3.11.0 EMPUJE DE ARQUIMEDES

$$E_{arq} := \gamma_a \cdot (V_{ac} + V_{sello})$$

$$E_{arq} = 0.6835 \cdot kN$$

3.12.0 FUERZA DE FRICCIÓN

3.12.1 Fuerzas de Fricción en las Ruedas

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F_r = \frac{W_r}{R_r} \cdot (\mu \cdot r + f)$$

Donde:

$$R_r := 89.5 \cdot mm \quad \text{Radio de rueda}$$

$$r := 32 \cdot mm \quad \text{radio interno de bocina}$$

$$\mu := 0.15 \quad \text{Coeficiente de fricción de rodadura en bocina}$$

$$f := 0.05 \cdot cm \quad \text{Coeficiente de fricción de rodadura}$$

Carga total actuante sobre las ruedas.

$$W_r := 1.1 \cdot \gamma_a \cdot B \cdot h \cdot \left(H_a - \frac{h}{2} \right) = 278.7881 \cdot \text{kN}$$

Fuerza de fricción en la ruedas.

$$F_r := \frac{W_r}{R_r} \cdot (\mu \cdot r + f) = 16.5092 \cdot \text{kN}$$

3.12.2 Fuerza de Fricción en los Sellos

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F_v = \mu_{ss} \cdot N_a$$

Donde:

Coefficiente de fricción entre el sello y el apoyo de acero inoxidable.

$$\mu_{ss} := 1.0$$

N_a : Reacción en el apoyo de sellos

Para sellos tipo "J", se tiene:

$$a_s := 13 \cdot \text{mm} \quad \text{según figura}$$

$$c_s := 13 \cdot \text{mm} \quad \text{según figura}$$

$$t_s := 12 \cdot \text{mm} \quad \text{Espesor de sello}$$

$$L_{s1} := h \quad \text{Longitud del sello lateral}$$

$$L_{s2} := B \quad \text{Longitud de sello horizontal}$$

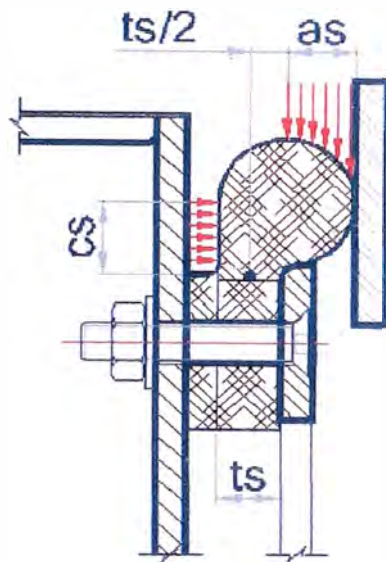


Figura 3.13 - Detalle de sello tipo "J", lateral y superior.

Reacción en sellos laterales:

$$Na1 := \gamma a \cdot \left(Ha - \frac{h}{2} \right) \cdot \frac{Ls1}{2 \cdot cs} \cdot (cs^2 + as^2 + as \cdot ts) = 3.5486 \cdot kN$$

Fuerza de fricción en sellos laterales verticales:

$$F_{fsv} := 2 \cdot \mu_{ss} \cdot Na1 = 7.0972 \cdot kN$$

Reacción en sello horizontal superior (dintel):

$$Na2 := \gamma a \cdot (Ha - h) \cdot \frac{Ls2}{2 \cdot cs} \cdot (cs^2 + as^2 + as \cdot ts)$$

Fuerza de fricción en sello horizontal superior (dintel):

$$F_{fsh} := \mu_{ss} \cdot N_{a2} = 3.5398 \cdot \text{kN}$$

Fuerza de Fricción Total en Sellos:

$$F_{fs} := F_{fsv} + F_{fsh} = 10.637 \cdot \text{kN}$$

3.13.0 CÁLCULO DE FUERZAS HIDRODINAMICAS**3.13.1 Coeficiente de Downpull**

Para efectuar este cálculo se utiliza el criterio de semejanza, para estructuras de fondo plano. De acuerdo con la publicación de U.S. Corps of Engineers, obtenidas de pruebas en modelos reducidos, se tiene el siguiente diagrama, donde el valor máximo del coeficiente de downpull se da a una apertura de 4% aproximadamente.

El coeficiente de downpull, se obtiene de la figura 3.14 :

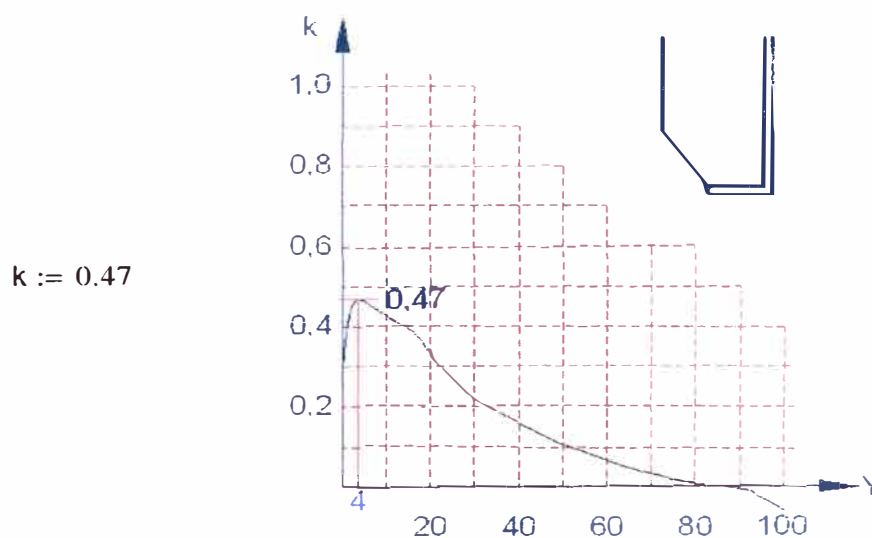


Figura 3.14 - Diagrama de coeficiente de downpull publicado por la U.S. Corps of Engineers.

Nota: Si bien la forma geométrica no se cumple estrictamente, sin embargo, dado que el proyecto no ha considerado pruebas en un modelo reducido, esta aproximación nos permite evaluar la magnitud las fuerzas hidrodinámicas.

3.13.2 Fuerza Hidrodinámica Máxima

Área de proyección horizontal

$$A_{ph} := d_c \cdot B_c$$

Fuerza hidrodinámica máxima en periodos de avenida.

$$F_h := \gamma_a \cdot k \cdot A_{ph} \cdot H_a = 18.628 \cdot \text{kN}$$

3.14.0 Fuerza de Accionamiento

$$F_{acc} := P_{total} - E_{arq} + F_r + 1.25 \cdot F_{fs} + F_h$$

$$F_{acc} = 55.3591 \cdot \text{kN}$$

Nota: La fuerza de rozamiento total (F_{fs}) ha sido afectado con un factor de "1.25", que representa 25% de adicional de fuerzas de rozamiento.

3.15.0 ACTUADORES HIDRAULICOS

Los actuadores hidraulicos o cilindros hidraulicos son convetidores de energia hidraulica entrabajo mecanico. Está compuesto fundamentalmente por un èmbolo de seccion circular y el vastago que se desplaza dentro del cuerpo del cilindro.

3.15.1 Capacidad Nominal del Cilindro Hidráulico

$D_{ci} := 120 \text{ mm}$ diámetro interior de cilindro hidráulico

$d_{ci} := 50 \text{ mm}$ diámetro de vástago

$P_{op} := 120 \text{ bar}$ Presión nominal de operación

$F_{cih} := P_{op} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot (D_{ci}^2 - d_{ci}^2) = 112.1549 \text{ kN} > F_{acc} = 55.3591 \text{ kN}$ **Ok!**

3.16 Pandeo del vastago de izaje

3.16.1 Calculo de la fuerza de accionamiento maximo

Esfuerzos Admisibles del acero SAE 1045

$$\gamma_{ac} := 7850 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \quad \text{Peso especifico del acero al carbono estructural}$$

$$E := 199948 \text{MPa} \quad \text{Modulo de Elásticidad de acero al carbono}$$

$$S_y := 3823.9 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Esfuerzo de fluencia de acero al carbono}$$

$$\sigma_{adm} := 0.67 \cdot S_y \quad \text{Esfuerzo admisible a tracción - compresión}$$

$$\sigma_{adm} = 251.2 \cdot \text{MPa}$$

La fuerza de accionamiento : Facc = 55.3195KN

$$W_{max} = 1.25 F_{acc} \text{ (segun DIN 19704)} = 69.1493 \text{KN} \leftrightarrow 7051.27 \text{Kgf}$$

3.16.2 EFECTO DE PANDEO DEL VASTAGO

3.16.2.1 Ecuación de Euler para Determinar la Carga Crítica

$$F_{cr} = \frac{c \cdot \pi^2 \cdot E \cdot A_{st}}{\left(\frac{L}{k}\right)^2}$$

Donde :

F_{cr} : Carga crítica que produce pandeo

c : Constante que depende las condiciones de los extremos.

E : Módulo de elasticidad

A_{st}: Area de sección transversal

L_c : Longitud de la columna

k : Radio mínimo de giro

$$k = \sqrt{\frac{I}{A_{st}}}$$

I : Momento de inercia mínimo al rededor del eje de flexión

Datos :

$R_i := 25.4\text{mm}$ R_i : Radio del vastago de izaje

$D_e := 2 \cdot R_i$ D_e : Diametro del vastago de izaje

$c_m := 1$ $c = 1$: Ambos extremos libre de rotar pero restringidos lateralmente (llamada columna con pivotes o articulada en los extremos)

$$A_{st} := \pi \cdot R_i^2 \quad A_{st} = 20.268 \cdot \text{cm}^2$$

$L_c := 2.40 \cdot \text{m}$ Longitud Maxima Entre Soportes

$$I := \pi \cdot \frac{(D_e)^4}{64} \quad I = 32.691 \cdot \text{cm}^4$$

$$k := \sqrt{\frac{I}{A_{st}}}$$

Cuando usar Ecuación de Euler o Fórmula de J.B. Johnson:

$$\text{Si : } \frac{L_c}{k} > \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot \pi^2 \cdot E}{S_y}} \quad \text{Usar ecuación de Euler}$$

$$\text{Si : } \frac{L_c}{k} < \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot \pi^2 \cdot E}{S_y}} \quad \text{Usar fórmula de J.B. Johnson}$$

En el presente caso:

$$\text{Como : } \frac{L_c}{k} = 188.976 > \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot \pi^2 \cdot E}{S_y}} = 102.591$$

Entonces se usará la **ecuación de Euler**

3.16.2.2 Cálculo de la Carga Crítica:

$$F_{cr} := \frac{c \cdot \pi^2 \cdot E \cdot A_{st}}{\left(\frac{L_c}{k}\right)^2} \quad F_{cr} = 1.142 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

3.16.2.3 Cálculo de la carga Segura

$\eta := 1.5$ Factor de seguridad (solicitado por el cliente)

$W_s := \frac{F_{cr}}{\eta}$ Carga segura

$W_s = 7.614 \times 10^3 \cdot \text{kgf} > W_{max} = 7051.27 \text{ kgf}$ OK

3.16.3 Fórmula de J.B. Johnson para Determinar la Carga Crítica

$$F_{cri} = S_y \cdot A \cdot \left[1 - \frac{S_y \cdot \left(\frac{L_c}{k}\right)^2}{4 \cdot c \cdot \pi^2 \cdot E} \right]$$

Donde : S_y : Límite de fluencia.

El valor de C depende de las condiciones de los extremos.

$c = 1/4$: Un extremo fijo y el otro libre de toda restricción.

$c = 1$: Ambos extremos libre de rotar pero restringidos lateralmente (llamada columna con pivotes o articulada en los extremos)

$c = 2$: Un extremo fijo y el otro libre de rotar, pero sin libertad para moverse lateralmente.

$c = 4$
elástica : Ambos extremos fijos de modo que la tangente a la curva en cada extremo es paralela al eje original de la columna.

Observaciones:

Para el presente caso, no es aplicable la fórmula de J.B. Johnson, debido a que el valor

de la relación: $\frac{L_c}{k}$ es mayor que: $\sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot \pi^2 \cdot E}{S_y}}$

CAPITULO IV

CRITERIO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

4.1 Etapas de Fabricación

Para este proyecto se ha desarrollado en varias etapas:

4.1. 1.- Fabricación de hoja de compuerta:

- Posteriormente, perforar la hoja de compuerta con la platina de sujeción de sellos de Neoprene.



Figura N°- 4.1 : Hoja de compuerta con agujeros perforados para el sello de hermeticidad

- Fabricar una mesa de trabajo para alineación de la hoja principal de la compuerta.
- Colocar la hoja de compuerta encima de la mesa de trabajo, apuntalar la hoja con los soportes de la mesa de trabajo y alinear con ayuda de un equipo topográfico.



Figura N°- 4.2 : Hoja de compuerta en mesa de trabajo

- Apuntalar los marcos verticales los cuales ya deben contar con los agujeros, donde van a ir las ruedas de compuerta.
- Apuntalar los marcos horizontales, con lo cual ya debe quedar la hoja de compuerta con los marcos tanto horizontales como verticales ya colocados.
- Preparar los vigas de refuerzo horizontales y los refuerzos verticales.
- Primeramente, apuntalar las vigas horizontales y posteriormente apuntalar los refuerzos verticales en la hoja de compuerta.
- Una vez terminada el armado de la compuerta, comenzar a soldar

intermitentemente (no soldar de corrido para evitar la deformación de la hoja de compuerta).

- Soldar las horquillas para el izaje de la compuerta.
- Paralelamente a la fabricación de la hoja de compuerta, se debe fabricar las ruedas y los accesorios para la compuerta.

4.1.2.- Fabricación de la solera para el sellado inferior de la compuerta :

- Perforar la viga de solera para la colocación de los espárragos de alineamiento, posteriormente, soldar la platina de refuerzo y finalmente soldar la platina inoxidable en la viga de solera (ver plano SF-CV-06)
- Finalmente, alinear la viga de solera (sufre deformación después de perforar y soldar la platina inoxidable).

4.1.3.- Fabricación de marcos verticales:

- Soldar la platina Antidesgaste en la viga canal "c".
- Posteriormente, soldar la platina inoxidable para el sellado vertical de la hoja de compuerta.
- Luego, unir las 02 vigas canales "c", con una plancha de respaldo (ver plano SF-CV-02) .
- Una vez armada los marcos verticales, hacer las perforaciones para la colocación de anclajes de alineación de los marcos verticales en campo (ver plano SF-CV-02).

4.2 Criterio de Montaje en Campo

Antes de iniciar el montaje de la compuerta hidráulica se debe tener en cuenta los siguientes pasos

- Verificar el sentido de corriente de agua.
- Colocar los anclajes de primera fase para la solera, los cuales deben estar debidamente fijados, para luego realizar el vaciado de primera fase. (ver plano PF-CV-01).
- Ubicar los anclajes de primera fase para los marcos verticales y el dintel, los cuales deben estar debidamente fijados para luego realizar el vaciado de primera fase del marco guía y el dintel. (ver plano PF-CV-02).
- Alinear el eje del sistema de izaje (eje del actuador hidráulico) con el eje de la hoja de compuerta (eje de la horquilla de la compuerta), para tener un eje de referencia de trabajo.
- Colocar primero la solera, la cual debe alinearse debidamente con ayuda de anclajes de segunda fase, para lo cual se debe tener en cuenta, que el sello que está ubicado en la parte inferior de la compuerta debe estar alineado con el eje de la platina de sellado de la viga solera (se debe tener en cuenta el eje de referencial de trabajo y el sentido de la corriente del agua).
- Realizar el vaciado de segunda fase en la zona de la solera por lo cual solo quedará descubierta la platina inoxidable de la viga solera.

- Colocar el marco de compuerta y el dintel, el cual se debe alinear con el eje de trabajo trazado inicialmente, para lo cual se utilizaran espárragos y serán reguladas mediante tuercas, con lo cual quedara alineado el marco de compuerta.
- Una vez que el concreto de la zona de la solera halla fraguado, se procederá al vaciado de la zona lateral y del dintel del marco de compuerta.
- Una vez que el concreto halla fraguado en la zonas mencionadas, se procederá a colocar la hoja de compuerta.
- Antes de colocar el sistema de izaje, se debe verificar la hermeticidad del sello de compuerta para lo cual se soltara el agua hasta la altura que cubra al dintel de la compuerta.
- Una vez verificada la hermeticidad de los sellos, se procederá a colocar el sistema de izaje.
- Finalmente se realizara las pruebas respectivas con el sistema de izaje.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

5.1 Materiales

- La fabricación de la hoja de compuerta, vigas de refuerzos, estructura embebida al concreto, solera, dintel, fabricadas de Acero Estructural : ASTM A36.
- La plancha para la pista de rodadura: DIN 1.8741.
- Pernos de amarre de los sellos tipo Barra y nota Musical : Acero Inoxidable AISI 304.
- Platinas de apoyo de sellos en acero Inoxidable AISI 304.
- Las ruedas de desplazamiento de compuerta : Acero Inoxidable AISI 304.
- Eje de las ruedas : Acero Inoxidable AISI 304.
- Los Sellos tipo Barra y Nota Musical fabricadas en Neoprene con las siguientes características :

Dureza: Shore 60 a 70 - Norma ASTM D 2240.

Resistencia a la tensión punto de rotura : 4.83 MPa - Norma ASTM D 412.

Elongación punto de rotura : 300% - Norma ASTM D 412.

5.2 Preparación de Superficie, Protección anticorrosiva y Pintura

5.2.1 Preparación de la superficie Mediante el arenado.

La preparación de las superficies metálicas fue por medio del impacto de arena a alta velocidad contra la superficie que se desea tratar. Los diferentes grados de arenado según las normas vigentes son los siguientes

SSPC-SP-5 : Arenado con granalla a blanco, la superficie quedará' sin ningún rastro de aceite, grasa suciedad, polvo, calamina, herrumbre o pintura. La superficie es uniforme de color gris blanco.

SSPC-SP-6 : Generalmente permanece alrededor del 33% de la superficie con rastros de decoloración causados por las manchas de herrumbre, calamina, o de pintura anterior. Es la preparación de superficie más utilizada en taller.

SSPC-SP-7 : Arenado con granalla suave, es un chorro con granalla ligero con el fin de retirar la herrumbre, calamina y pintura solamente.

SSPC-SP-10 : Arenado con granalla casi a blanco, es un arenado con granalla casi a blanco, no queda ningún rastro de aceite, grasa, suciedad, polvo, calamina, herrumbre o pintura. Generalmente, permanece sobre alrededor un 5% de la superficie de los rastros de decoloración causados por las manchas.

Solicitud del cliente se utilizo la norma: SSPC -SP-10.

5.2..2 Protección Anticorrosiva.

Según el lugar donde se va instalar la compuerta, se ha seleccionado el tipo de protección anticorrosiva que cumpla con las exigencias requeridas. se ha seleccionado como pintura base al Jotamastic 80, porque es un anticorrosivo para estructuras de acero, que se encuentran tanto en las zonas de flotación como sumergidas en agua.

Requerimiento del cliente : Aplicar la primera capa de anticorrosivo de 25 micras y después una segunda capa de 50 micras, obteniendo la capa total de anticorrosivo de 75 micras.

5.2..3 Pintura de acabado.

Se ha seleccionado el Jotamastic 87 como pintura de acabado superficial, porque presenta una excelente protección tanto en agua salada como en agua dulce y en superficies tratadas en agua a muy alta presión. (Ver ficha técnica del producto)

Requerimiento del cliente: Aplicar la pintura base de 80 micras por mano hasta obtener un espesor final de 325 micras.

CAPITULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS

6.1 Generalidades.

Concierne a los gastos e ingresos incluyendo la producción, el efectivo, las ventas las ganancias, etc. Siendo estos aplicados al proyecto global lo cual nos permita.

Calcular un precio adecuado del producto y competente en el mercado.

Conocer que parte del proceso de fabricación es la más crítica.

Llevar un registro de ejecución.

Determinar la parte del proceso en la que se deben aplicar ajustes.

Tomar la decisión correcta en la realización del proyecto.

Llevar una comparación periódica de los resultados previstos en la realización del proyecto.

Sin embargo en el presente informe evaluaremos los costos directos para controlar los gastos realizados en el suministro, fabricación y montaje de la compuerta hidráulica tipo vagón sin considerar la obra civil, ni las actividades previas y posteriores al proyecto.

En el presupuesto previsto se ha requerido dividir los gastos de acuerdo a los tipos y operaciones por consiguiente los elementos necesarios para su evaluación son

Materiales directos.

Equipos y accesorios.

Mano de obra directa.

Servicios.

6.2 Materiales.

Son clasificados como materiales aquellos elementos que conforman la estructura y/o parte de ella. Para obtener el costo del equipamiento se realiza la evaluación de los materiales directos que conforman dicha unidad, excluyendo los materiales de importancia secundaria.

Los materiales son seleccionados considerando que cumplen con cada característica técnica, dimensionamiento y existencia en el mercado con estándares normalizados.

La cantidad de materiales se debe considerar el porcentaje para la merma y el desecho que acompaña normalmente a la utilización de cada elemento.

Tener en cuenta el personal encargado en cada actividad con calificación de planeamiento y control de la producción, cuya función es la de verificar el consumo, tratamiento y el uso de los materiales, en peso y medida desde la recepción hasta el abastecimiento.

Se presenta el registro de consumo de materiales principales de cada uno con el costo unitario y el costo parcial actualizado según el cuadro N° 6.1

Tabla N°- 6.1 : Costo de materiales

Ítem	Descripción de Materiales.	Cant.	Unidad	Precio unitario (S\$)	Precio parcial
01	W 4"x13lbs/pul ² Material: Acero estructural ASTM A36	40	Kg	1,40	56,00
02	Platina 50mmx6mmx6m Material : Acero Inoxidable AISI 304	01	und	137,80	137,80
03	Angulo 3"x3"x1/4" x6m Material: Acero estructural ASTM A36	01	und	47,60	47,60
04	Angulo 2"x2"x1/4"x6m Material: Acero estructural ASTM A36	01	und	34,70	34,70
05	Platina de rodadura 4"x1/4"x6m DIN 1.8721	01	und	160,00	160,00
06	Esparrago de anclaje y alineamiento de 1/2"	10	Und.	4,28	42,80
07	Tuercas de 1/2" para fijación y alineamiento con arandela plana Material : Zincadas	200	Und.	0,5	100,00
08	Plancha de 4'x8'x8mm Material: Acero estructural ASTM A36	1.0	Und.	158,20	158,20
09	Platina de 4"x3/4"x6m Material: Acero estructural ASTM A36	2.0	Und.	137,15	274,30
10	Perfil "C" 4x5.4lbsx6m Material: Acero estructural ASTM A36	2	Und.	55.40	55.40
11	Platinas de asiento 32x6mm	2	Und.	9,95	19,90

	Material: Acero estructural ASTM A36				
12	Plancha de 4'x8'x9mm Material: Acero estructural ASTM A36	1	und	245	245
13	Plancha de 4'x8'x12mm Material: Acero estructural ASTM A36	1	Und.	294	294
14	Eje de 70mm de diámetro en Acero Inoxidable AISI 304	1	m	263	263
15	Eje de 179mmx0.50m de diámetro en Acero Inoxidable AISI 304	0,50	m	765	765
16	Pernos Inoxidables incluye arandelas y tuerca AISI 304	50	Und.	2	100
17	Sello tipo barra	1,50	m	12,45	18,675
18	Sello tipo nota musical	5	m	18	90
19	Eje de 90mmx0.3m de diámetro en Bronce auto lubricante	1	und	660	660
20	Barra cuadrada de 3/4x6m Material :	1	Und.	147,26	147,26
21	Soldadura AWS1078 de 1/8	30	Kg	4	120
22	Soldadura inoxidable EXSA-104 de 1/8	10	Kg	27	270

Costo total de materiales : S\$ 4 059,635

6.3 Equipos y accesorios.

El requerimiento del sistema de izaje es calificado de acuerdo a diferentes factores.

Selección de los equipos y accesorios según norma estándar, urgente, de acuerdo a cada condición de operación.

El sistema de izaje consta de los siguientes elementos.

Unida hidráulica de Poder.

Cilindro hidráulico.

Vástago de izaje.

- Costo de UHP (incluye todos sus accesorios y cilindro hidráulico) :
S\$ 5 520,00
- Vástago de izaje : S\$ 500,00

Costo total de equipos y accesorios: S\$ 6 020,00

6.4 Mano de obra.

Es muy usado en la distribución de los gastos en función a la mano de obra directa, sin embargo en la elaboración del cuadro de gastos de mano de obra, hay que tener en cuenta que se elaboran de acuerdo al suministro, fabricación y montaje del equipamiento.

Se a considerado que la mano de obra tiene una estructura de acuerdo a la calificación y experiencia sobre todo en proyectos similares desde la gerencia, jefatura de operaciones, producción, supervisión y control de calidad.

La mano de obra de mando medio es con maestros y técnicos de amplia experiencia y capacitados para desarrollar los trabajos requeridos, también los soldadores para fases de acabados son homologados y calificados con suficiente experiencia en campo.

El desarrollo de cada partida se realiza de acuerdo a un cronograma de avances de obra asignados.

Tabla N°- 6.2 : Costo de mano de obra

IT.	Descripción	Cant.	und	Precio unt. S\$	Precio parcial S\$
01	Suministro del material	72	H - H	1,9	136,80
02	Trazado del material	48	H - H	2,2	105,60
03	Corte del material	48	H - H	2,2	105,60
04	Limpieza y acondicionamiento del material	48	H - H	2	96
05	Armado y apuntalado	48	H - H	2,2	105,60
06	Soldadura (Soldador calificado)	96	H - H	3,2	307,20

07	Pintura base y pre acabados	24	H - H	2,0	48
08	Pre-montaje (taller)	24	H - H	2,5	60
09	Rectificaciones	16	H - H	2	32
10	Embalaje	16	H - H	2	32
11	Maniobra – embarque	8	H - H	2	16
12	Traslado - desembarque	96	H - H	2	192
13	Acabados intermedios	8	H - H	2,2	17, 60
14	Montaje	96	H - H	2,5	240
15	Acabado final	8	H - H	2	16
16	Regulación de cierre y apertura de compuerta	8	H - H	3,6	28,80
17	Pruebas y verificación final	16	H - H	3,6	57,60

Costo de mano de obra total : S\$ 1 596,80

6.5 Servicios.

La clasificación de los servicios deben elegirse en forma tal de obtener cargos unitarios racionales, generalmente se elabora un plan para el suministro de los servicios que abarquen el suministro propio y el de terceros, elaborando un cronograma en conjunto para cada operación.

Los servicios deben cubrir las especificaciones técnicas generales para la fabricación, pruebas en fabrica, transporte, montaje, pruebas en la obra y puesta en servicio de los equipos especificados en el proyecto.

Se deben proveer equipos y maquinarias en buen estado operativo para todos y cada uno de los procesos logrados de esta manera, sin recurrir a correcciones que incrementarían los costos.

La inspección de los equipos y maquinarias, control de procesos y normas de seguridad se realizan permanentemente durante el desarrollo de la obra y al termino de esta.

A continuación se ilustran los gastos por servicio más significativos.

Tabla N°- 6.3 : Costo de de servicios

IT	Descripción	Cant.	Und.	Precio unitario	Precio parcial
01	Maquina de soldar	96	H - H	4,50	432
02	Equipo de topografía	8	H -H	6	48
03	Equipo de oxicorte	12	H - H	3,50	42
04	Taladro vertical	5	H - H	20	100
05	Torno	8	H - H	25	200
06	Horno para soldadura	02	E - U	150	300
07	Herramienta	5%MO	0 , 05 M.O.	1 596,80	79,84

	manual				
08	Equipo de pintura	01	E - M	50	50
09	Arenado en blanco	35	M^2	4	140
10	Amoladoras	56	H - H	0,75	42
11	Winche o grua de maniobras	24	H - H	30	720
12	Transporte	2 000,00	Kg.	0,5	1 000

Costo de servicio total: S\$ 3 153,84

6.6 Costo total de fabricación y montaje.

Es la suma de todos los costos de materiales, mano de obra y servicios.

Costo total : 4 059,635 + 6 020,00 + 1 596,00 + 3 153,84

Costo total : S\$ 14 829,475

CONCLUSIONES

Al finalizar el desarrollo del presente informe de suficiencia se ha llegado a la conclusión

1. Los cálculos realizados para la selección de la plancha forro de compuerta es 9,5 mm, el cual cumple con todos los requerimientos, para lo cual se considera un espesor por corrosión de 1,5 mm, obteniendo 11 mm de plancha forro. Por consiguiente se selecciona una plancha comercial de 12 mm.
2. En los cálculos realizados para la selección del espesor de ala y alma de viga horizontal principal, se tomo como referencia un espesor plancha de de 7,5 mm, el cual cumple con los requerimientos, consideramos un espesor por corrosión de 1,5 mm, obteniendo un espesor de plancha comercial de 9 mm.
3. Para cálculos realizados para la selección del espesor de viga vertical principal, se tomo como referencia un espesor plancha de 7,5 mm, el cual cumple con los requerimientos, consideramos un espesor por corrosión de 1,5 mm, obteniendo un espesor de plancha de 9 mm.
4. La compuerta debe tener no menor de 03 vigas horizontales como se demuestran en los cálculos realizados.
5. El vástago de izaje debe llevar unos soportes para evitar el pandeo del mismo, los cuales deben tener una distancia máxima de 2 400 mm.

6. La carga de compresión axial sobre el vástago de la compuerta no será mayor que el valor de la carga segura la cual fue calculada con un factor de seguridad de 1,5.
7. El diámetro del vástago será mayor o igual a 50,8 m.
8. El costo total por la fabricación y montaje de la compuerta es de

S\$ 14 829 475, el cual esta dentro del precio estimado en el mercado

Nacional.

RECOMENDACIONES

- 1) Al realizar el montaje de la compuerta se debe tener cuidado con no dañar los sellos de hermeticidad.
- 2) Al montar la compuerta se debe mojar con agua la estructura embebida al concreto (viga riel de compuerta), ya que según va bajando la compuerta los sellos se pegan a la platina inoxidable.
- 3) Cambiar los sellos de la compuerta cada año, ya que estos sufren daños por los cambios climatológicos.
- 4) Verificar la alineación del sistema de izaje.
- 5) Verificar la carrera del cilindro hidráulico, el cual debe contar con fines de carrera para tener un sellado correcto en la solera.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Paulo Cesar Ferreira Erbisti, Comportas hidráulicas, Editorial Interciencia, Segunda edición – 2002.
- [2] Norma Alemana DIN : 19704 – 1, Diseño y análisis de compuertas Hidráulicas – 1998.
- [3] Norma Alemana DIN : 19704 – 2, Fabricación y detalles de compuertas hidráulicas – 1998.
- [4] Asociación Brasileña de Normas técnicas, Norma Brasileña : NBR 8883, Cálculo y fabricación de compuertas Hidráulicas – 2002.
- [5] Asociación Brasileña de Normas técnicas, Norma Brasileña : NBR 7259, Comportas hidráulicas – Terminología – 2001.
- [6] A. Arteaga, P. Ibérico, C. Gonzalez Y A. Mego, Resistencia de Materiales I, II – teoría y problemas , editorial Ciencias, tercera edición – 2006.
- [7] Richar G. Budynas y J. Keith Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, editorial Mc graw – Hill interamericana, octava edición – 2008.

- [8] Jack McCornac, Diseño de estructuras de acero, editorial Alfaomega grupo editor, Segunda edición - 2002

- [9] R. C. Hibbeler, Mecánica de materiales, editorial Pearson educación de Mexico, sexta edición – 2006.

- [10] Robert Mott, Mecánica de fluidos, editorial Pearson educación de Mexico, sexta edición – 2006.

- [11] Irving H. Shames, Mecánica de fluidos, editorial Mc Graw - Hill Interamericana s.a., tercera edición – 1995.

- [12] Robert Mott, Diseño de elementos de maquina, editorial Pearson educación, de Mexico, cuarta edición - 2006.

- [13] Manual Vásquez, Resistencia de Materiales, editorial Noela - Madrid Tercera edición – 1994.

- [14] The Steel Construction institute, Steel Desingner´s Manual, editors Buick Davison & Graham W. Owens 6Th edition - 2003

- [15] Ing. Fortunato Alva Davila, Diseño de Elementos de Maquinas II, impreso en talleres Graficos de pool Producciones, primera edición - 2002.

- [16] Robert Nonnast, el Proyectista de Estructuras Metálicas I, editorial Parafino, vigésima primera edición – 1999.

PLANOS

10.1 Planos de Fabricación.

- 10.1.1 Tablero (hoja de compuerta) : FC – CV - 01
- 10.1.2 Secciones y detalles : FC – CV - 02
- 10.1.3 Secciones y detalles : FC – CV - 03
- 10.1.4 Vista frontal - Lado de los sellos : FC - CV - 04
- 10.1.5 Detalle de los sellos de Neoprene : FC – CV – 05
- 10.1.6 Detalle de la rueda de compuerta : FC – CV – 06

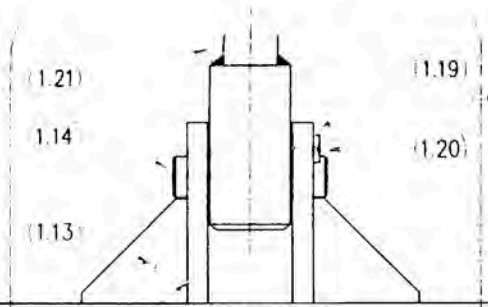
10.2 Planos de Montaje. **PLANOS**

10.1 Planos de Fabricación.

- 10.1.1 Tablero (hoja de compuerta) : FC – CV - 01
- 10.1.2 Secciones y detalles : FC – CV - 02
- 10.1.3 Secciones y detalles : FC – CV - 03
- 10.1.4 Vista frontal - Lado de los sellos : FC - CV - 04
- 10.1.5 Detalle de los sellos de Neoprene : FC – CV – 05
- 10.1.6 Detalle de la rueda de compuerta : FC – CV – 06

10.2 Planos de Montaje.

- 10.2.1 Estructura empotrada – vista frontal: VF – CV - 01
- 10.2.2 Anclaje de primera fase – solera : PF – CV - 01
- 10.2.3 Primera fase – sección A - A : PF – CV - 02
- 10.2.4 Dintel - Primera fase – sección A – A : PF – CV - 03
- 10.2.5 Solera - Primera fase – sección A – A : PF – CV - 04
- 10.2.6 Solera - Primera fase – sección A – A : SF – CV - 01
- 10.2.7 Estructura empotrada – Marco vertical : SF – CV - 02
- 10.2.8 Estructura empotrada – Solera : SF – CV - 03
- 10.2.9 Estructura empotrada – Dintel : SF – CV - 04
- 10.2.10 Estructura empotrada : SF – CV - 05
- 10.2.11 Estructura empotrada – sección longitudinal : SF – CV - 06
- 10.2.1 Estructura empotrada – vista frontal : VF – CV - 01
- 10.2.2 Anclaje de primera fase – solera : PF – CV - 01
- 10.2.3 Primera fase – sección A - A : PF – CV - 02
- 10.2.4 Dintel - Primera fase – sección A – A : PF – CV - 03
- 10.2.5 Solera - Primera fase – sección A – A : PF – CV - 04
- 10.2.6 Solera - Primera fase – sección A – A : SF – CV - 01
- 10.2.7 Estructura empotrada – Marco vertical : SF – CV - 02
- 10.2.8 Estructura empotrada – Solera : SF – CV - 03
- 10.2.9 Estructura empotrada – Dintel : SF – CV - 04
- 10.2.10 Estructura empotrada : SF – CV - 05
- 10.2.11 Estructura empotrada – sección longitudinal : SF – CV - 06

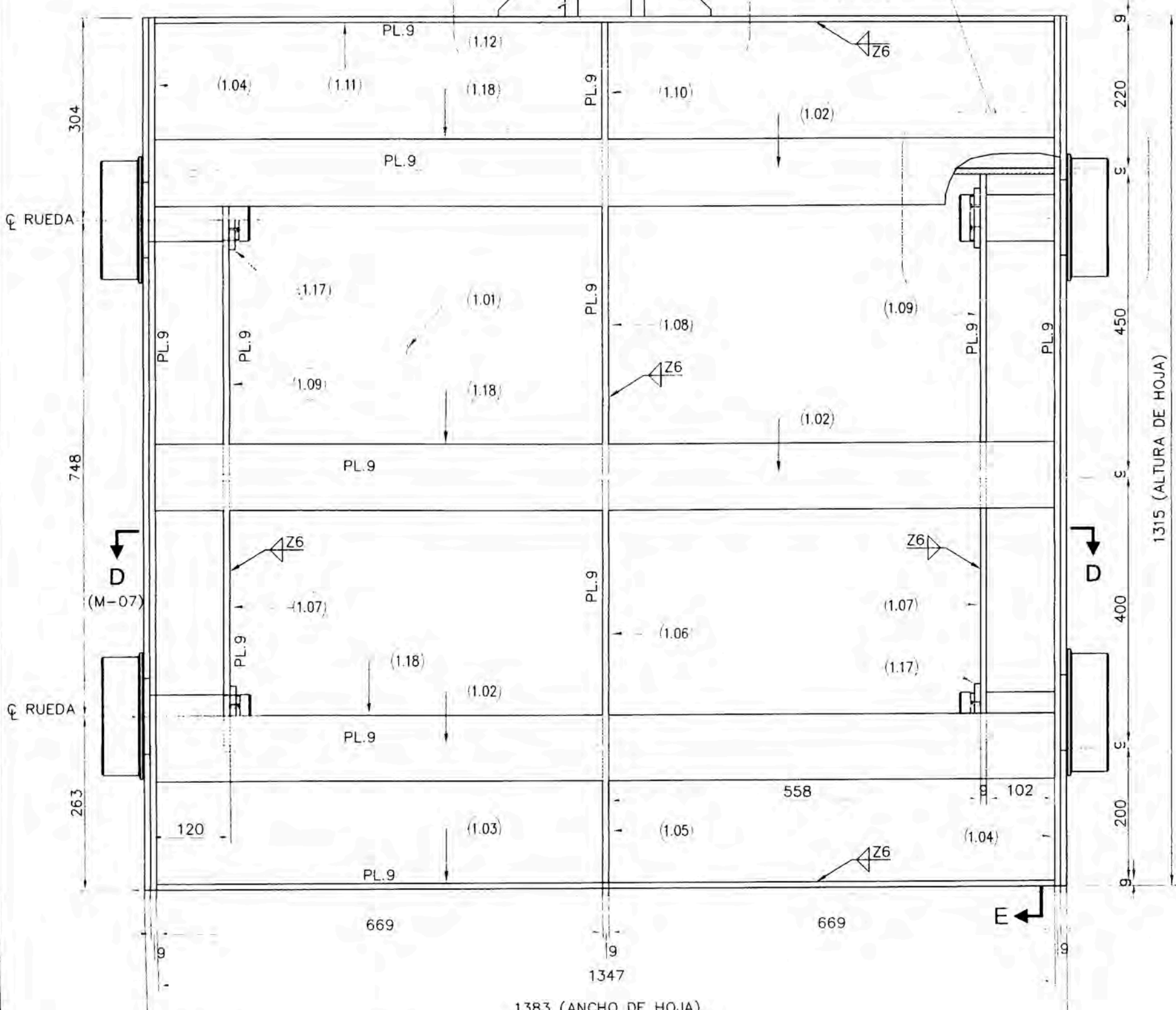


DETALLE 3
(M-09)

DETALLE 4
(M-07)

E ←

(M-06)



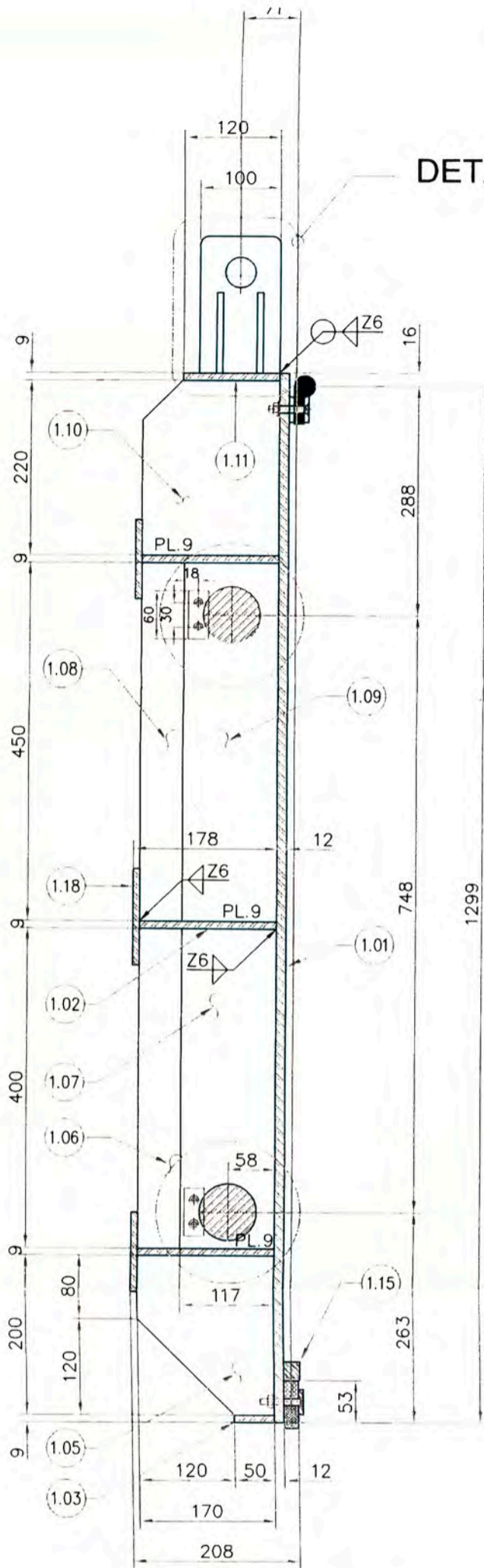
VISTA FRONTAL
1:10

DIN 7168 - DESVIACIONES PERMISIBLES PARA DIMENSIONES LINEALES, EXCEPTO RADIOS DE CURVATURA Y BISELES

CLASE DE TOLERANCIA	DESVIACIONES PERMISIBLES (en mm), PARA TAMAÑOS NOMINALES (en mm)								
	0.5 A 3	3 A 6	6 A 30	30 A 120	120 A 400	400 A 1000	1000 A 2000	2000 A 4000	4000 A 8000
FINO (*)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	-
MEDIO (**)	±0.15	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0
GRUESO (***)	-	±0.5	±1.0	±1.5	±1.2	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0

*) COMPONENTES MECANIZADOS, **) SUPERFICIES DE SELLADO, ***) CALDERERIA EN GENERAL

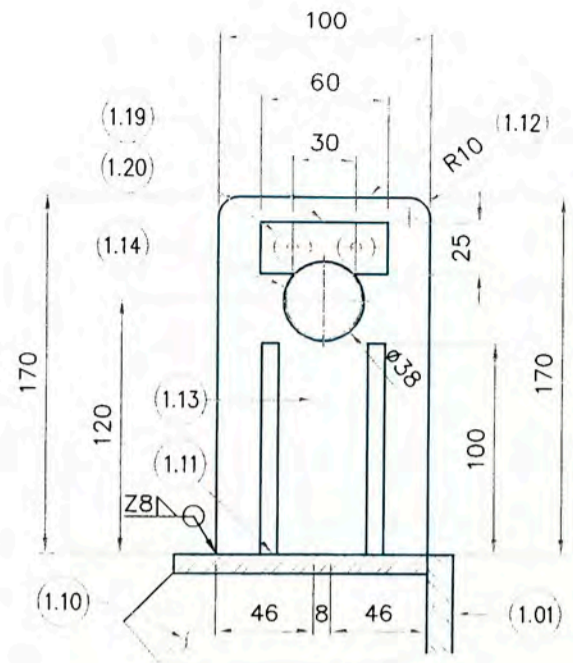
PRESA CHALHUANCA
COMPUERTA VAGON
TABLERO - VISTA FRONTAL
FC - CV - 01



SECCION E - E

1:10

DETALLE 5



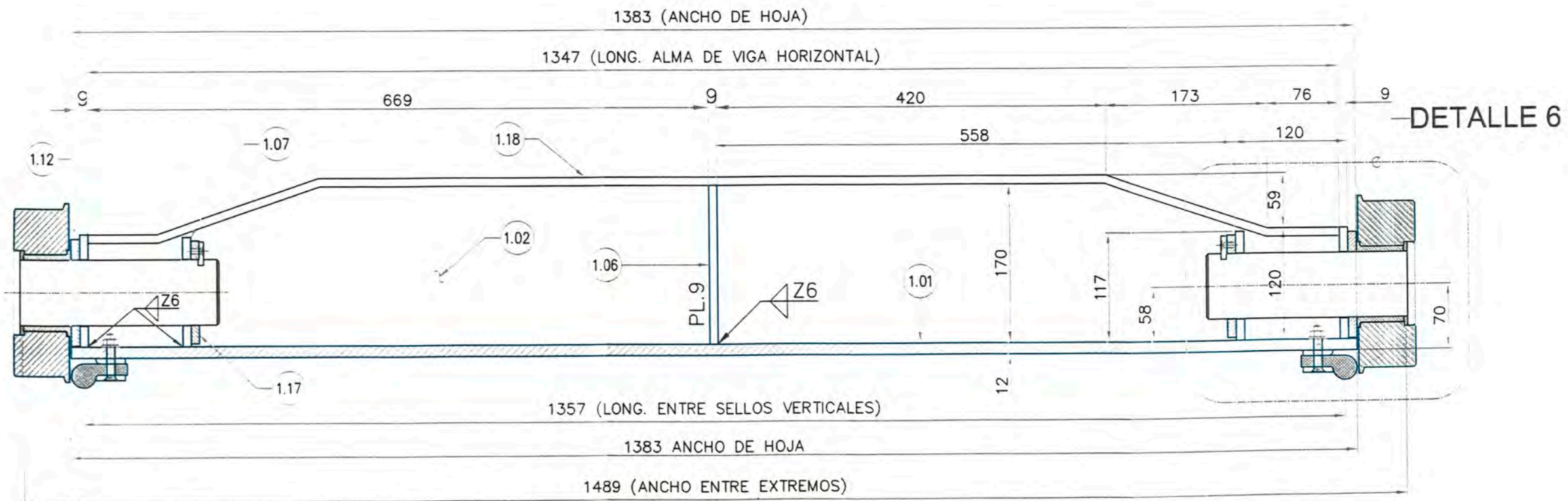
DETALLE 5

1:5

1.24	EJE AC. INOX 2 1/2", L=400	AISI 304	01	01
1.23	PT. ASIENTO DE SELLO HORIZ., 1331x32x6	ASTM A36	01	02
1.22	PT. ASIENTO DE SELLO VER., 1276x32x6	ASTM A36	02	04
1.21	VASTAGO DE IZAJE, EJE ACERO INOX. ø2"	AISI 304	03	06
1.20	PERNO, AC. INOX., CAB, AVELLAN. ALLEN, M8	AISI 304	02	04
1.19	PL. CHAVETA, 60x25x6	ASTM A36	01	02
1.18	PL. ALA DE VIGA HORIZONTAL, 1347x100x9	ASTM A36	03	06
1.17	PL. DISCO DE APOYO DE EJES, ø110, e=9	ASTM A36	04	08
1.16	PL. DISCO DE APOYO DE EJES, ø120, e=9	ASTM A36	04	08
1.15	PT. TOPE DE SELLO TIPO BARRA, 1267x20x20	ASTM A36	01	02
1.14	PIN DE ARTICULACION, AC. INOX. ø38x128	AISI 304	01	02
1.13	PL. CARTELA DE REFUERZO, 100x100x8	ASTM A36	02	04
1.12	PL. HORQUILLA DE IZAJE, 170x100x19.5	ASTM A36	02	04
1.11	PL. HORIZONTAL SUPERIOR, 1347x120x9	ASTM A36	01	02
1.10	PL. DIAFRAGMA VERTICAL, 220x170x9	ASTM A36	01	02
1.09	PL. DIAFRAGMA VERTICAL, 450x117x9	ASTM A36	02	04
1.08	PL. DIAFRAGMA VERTICAL, 450x170x9	ASTM A36	01	02
1.07	PL. DIAFRAGMA VERTICAL, 400x117x9	ASTM A36	02	04
1.06	PL. DIAFRAGMA VERTICAL, 400x170x9	ASTM A36	01	02
1.05	PL. DIAFRAGMA VERTICAL, 180x170x9	ASTM A36	01	02
1.04	PL. VERTICAL LATERAL, 1315x120x9	ASTM A36	02	04
1.03	PL. HORIZONTAL INFERIOR, 1347x50x9	ASTM A36	01	02
1.02	PL. ALMA DE VIGA HORIZONTAL, 1347x170x9	ASTM A36	03	06
1.01	PLANCHA FORRO U HOJA, 1383x1315x12	ASTM A36	01	02
N° OR.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	CANT.	TOTAL

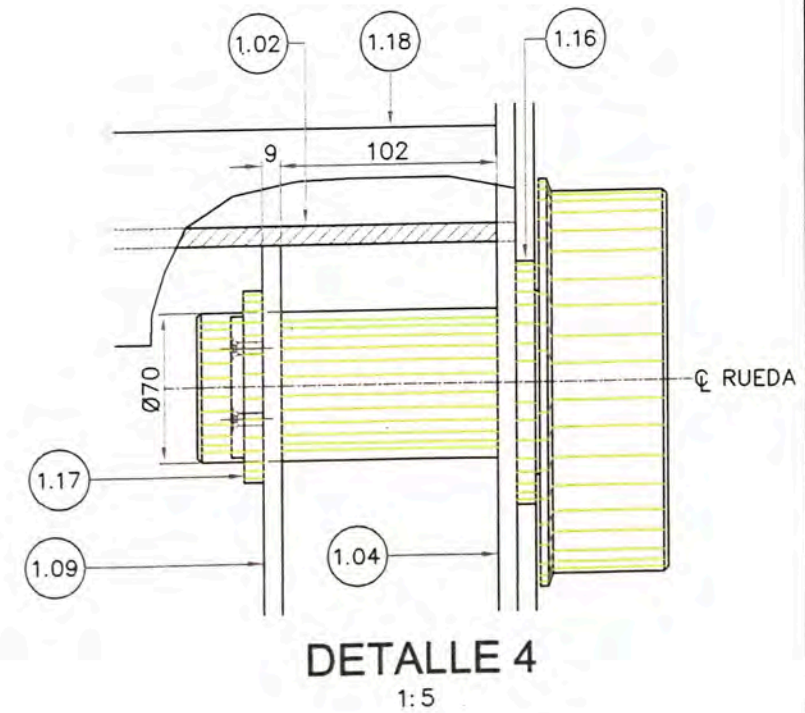
PRESA CHALHUANCA
COMPUERTA VAGON
SECCIONES Y DETALLES : SECCION E - E

FC - CV-02



SECCION D - D

1:7.5



DETALLE 4

1:5

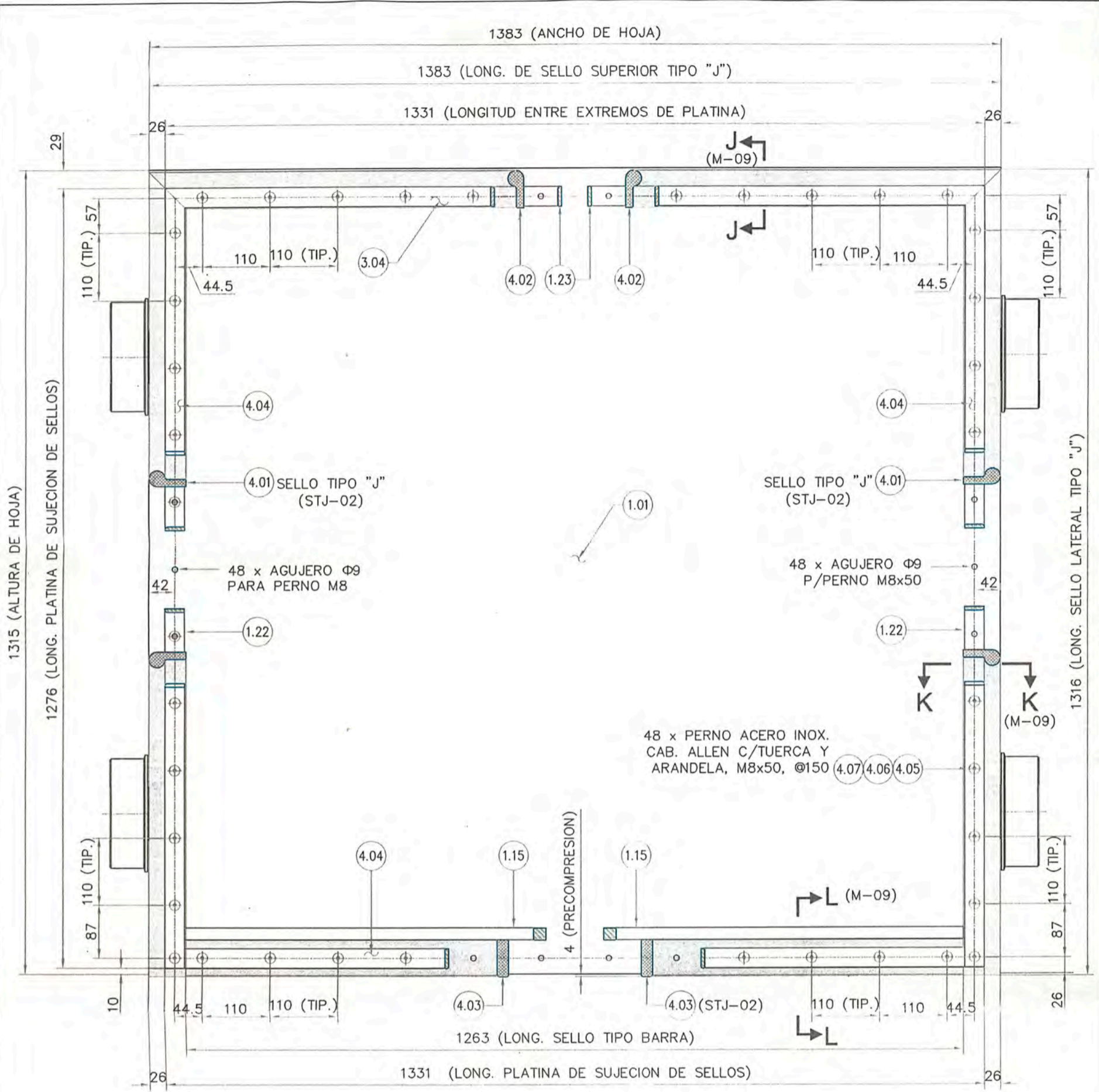
DIN 7168 - DESVIACIONES PERMISIBLES PARA DIMENSIONES LINEALES, EXCEPTO RADIOS DE CURVATURA Y BISELES

CLASE DE TOLERANCIA	DESVIACIONES PERMISIBLES (en mm), PARA TAMAÑOS NOMINALES (en mm)								
	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
FINO (*)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	-
MEDIO (**)	±0.15	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0
GRUESO (***)	-	±0.5	±1.0	±1.5	±1.2	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0

*) COMPONENTES MECANIZADOS, **) SUPERFICIES DE SELLADO, ***) CALDERERIA EN GENERAL

PRESA CHALHUANCA
 COMPUERTA VAGON
 SECCIONES Y DETALLES : SECCION D - D

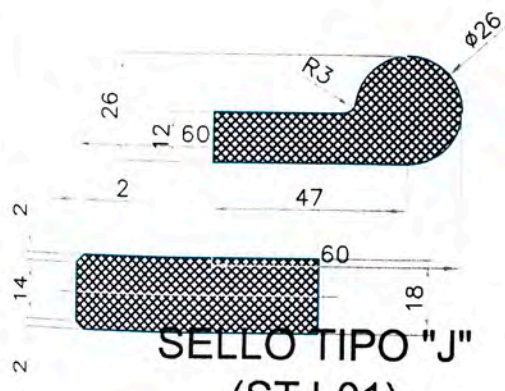
FC - CV - 03



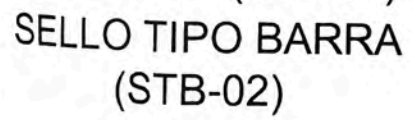
VISTA FRONTAL - LADO DE SELLOS
1:10

4.07	ARANDELA PLANA PARA PERNO M8, AC. INOX.	AISI 304	48	96
4.06	TUERCA M8, AC. INOX.	AISI 304	48	96
4.05	PERNO M8x50, CAB. AVELLANADA TIPO ALLEN	AISI 304	48	96
4.04	PT. SUJECION DEL SELLO (1331x1276)x32x6	ASTM A-36	01	02
4.03	SELLO TIPO BARRA, L=1264	NEOPRENO SH 60	01	02
4.02	SELLO TIPO "J", HORIZONTAL, L=1383	NEOPRENO SH 60	01	02
4.01	SELLO TIPO "J" VERTICAL, L=1326	NEOPRENO SH 60	02	04
N° OR.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	CANT.	TOTAL

PRESA CHALHUANCA
 COMPUERTA VAGON
 VISTA FRONTAL - LADO DE SELLOS
 PLANO: **FC - CV - 04**

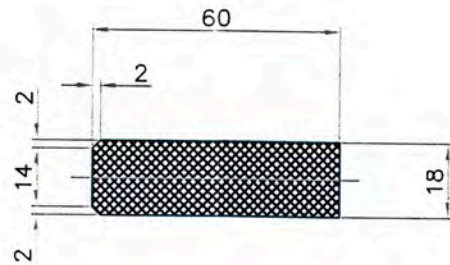


SELLO TIPO "J"
(STJ-01)



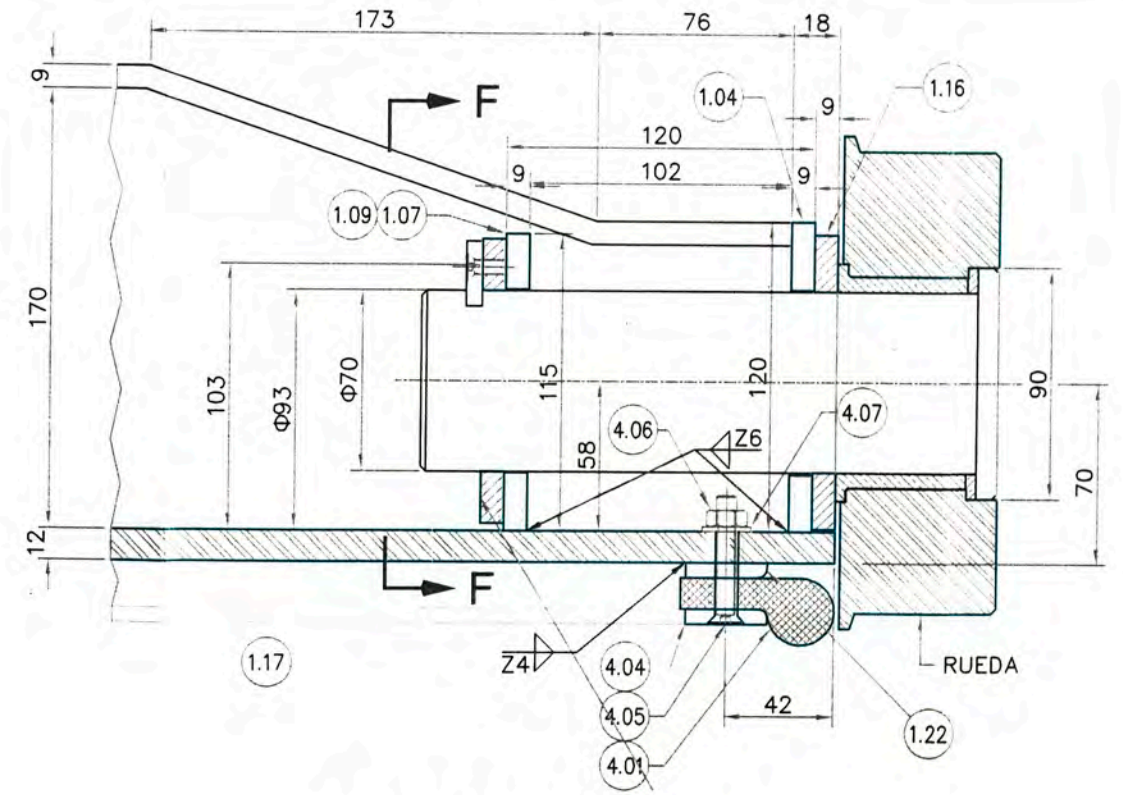
SELLO TIPO BARRA
(STB-02)

1:2.5

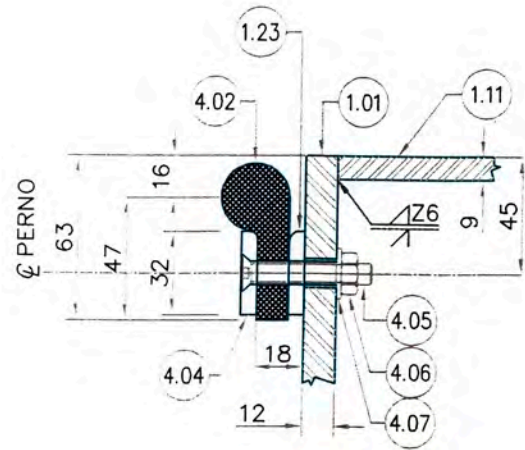


SELLO TIPO BARRA
(STB-02)

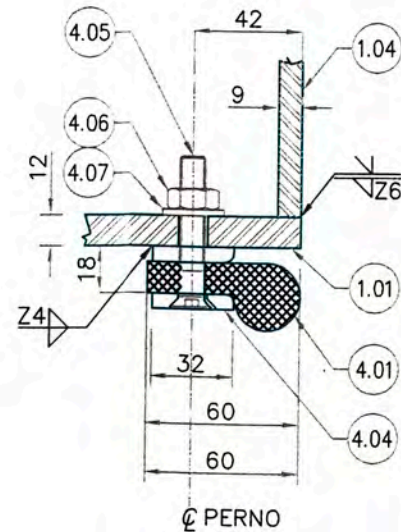
1:2.5



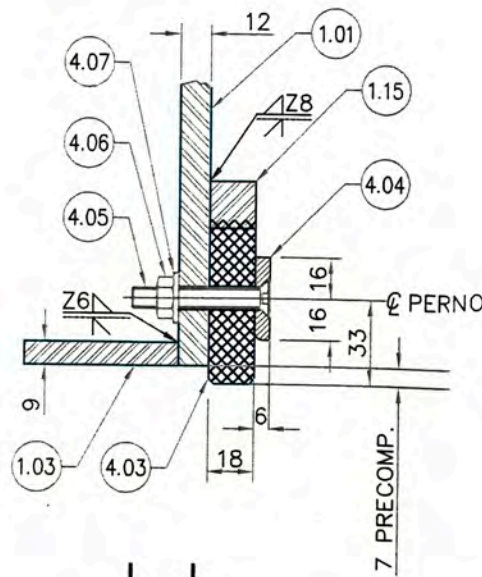
DETALLE 6
1:4



J - J
1:4



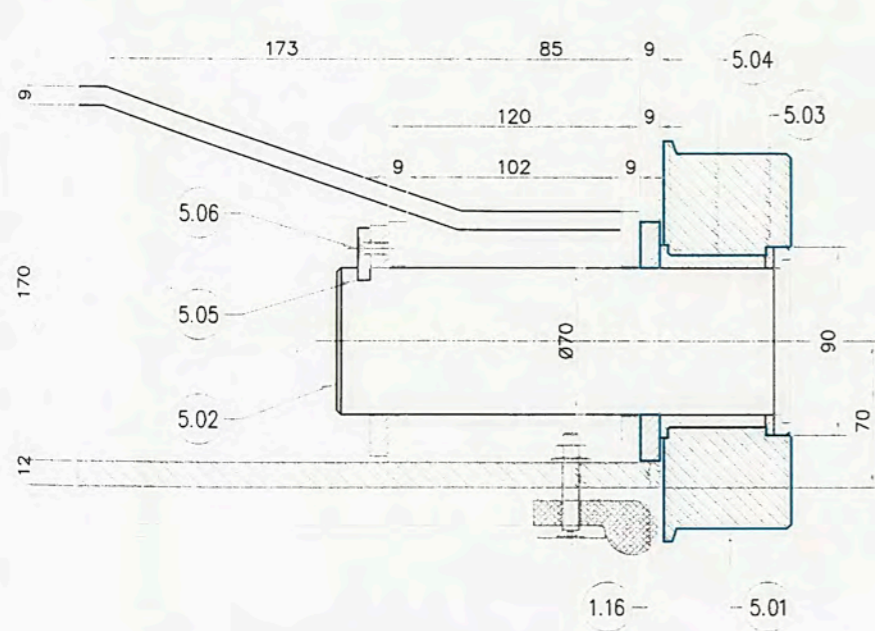
K - K
1:4



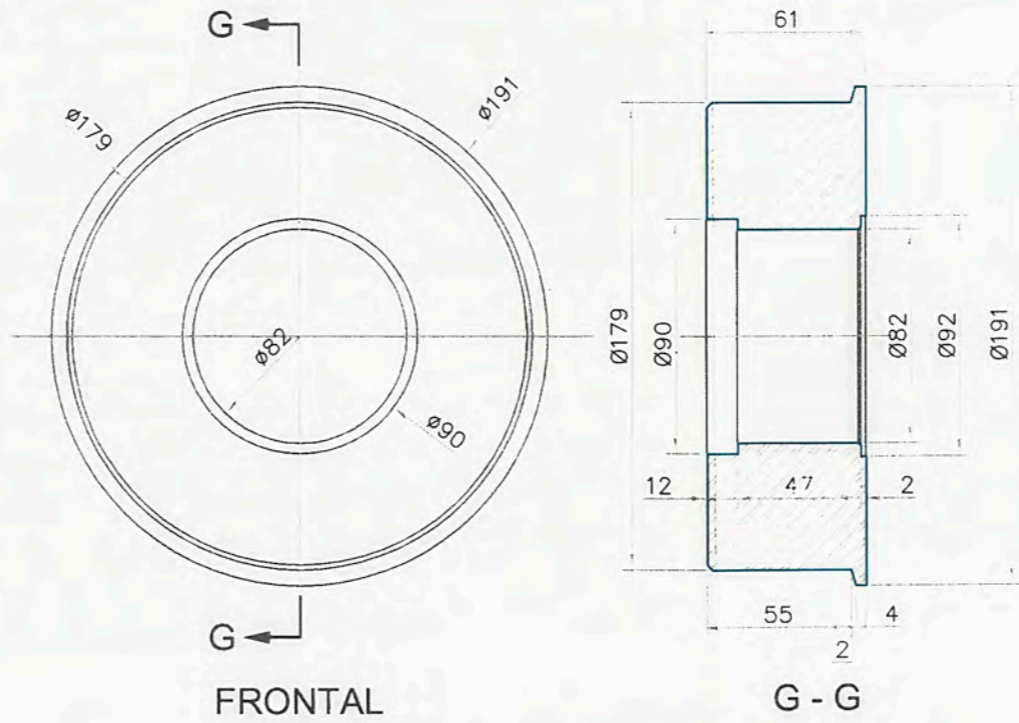
L - L
1:4

TITULO:
PRESA CHALHUANCA
COMPUERTA VAGON
DETALLE DE LOS SELLOS DE NEOPRENE

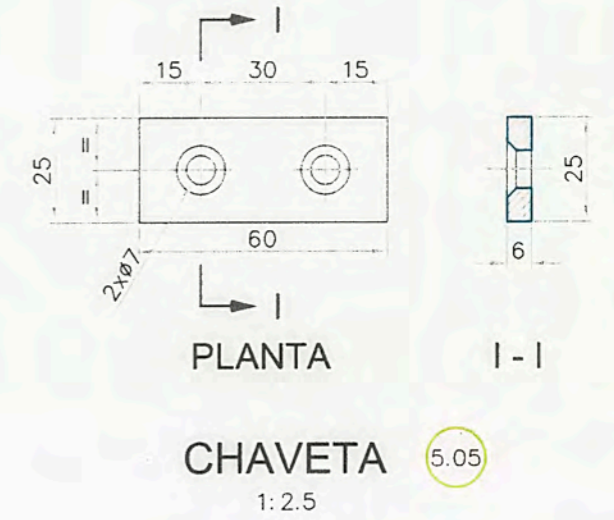
PLANO: **FC - CV - 05**



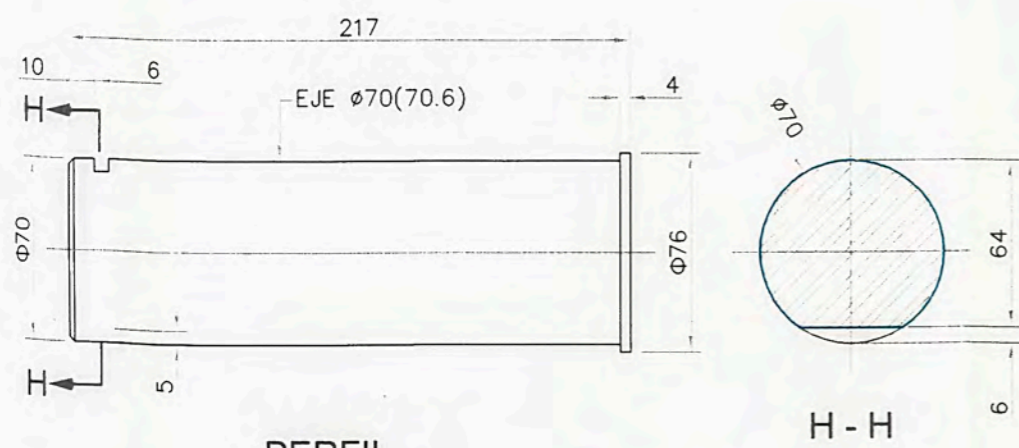
**DETALLE DE ENSAMBLE
RUEDA-EJE DE COMPUERTA**
1:4



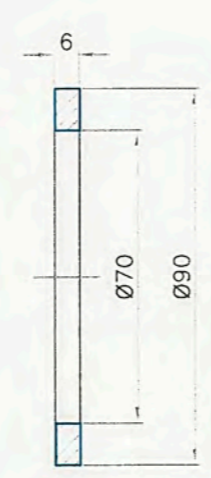
DETALLE DE RUEDA 5.01
1:4



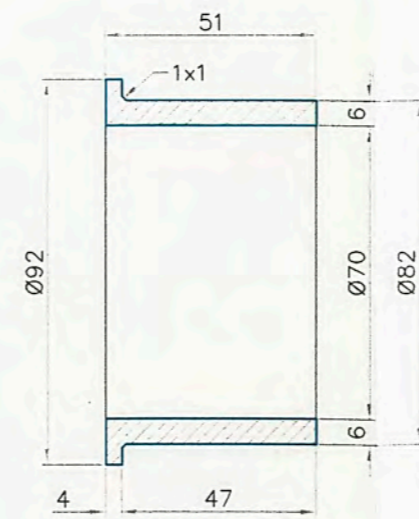
CHAVETA 5.05
1:2.5



**PERFIL
EJE DE RUEDA** 5.02
1:4

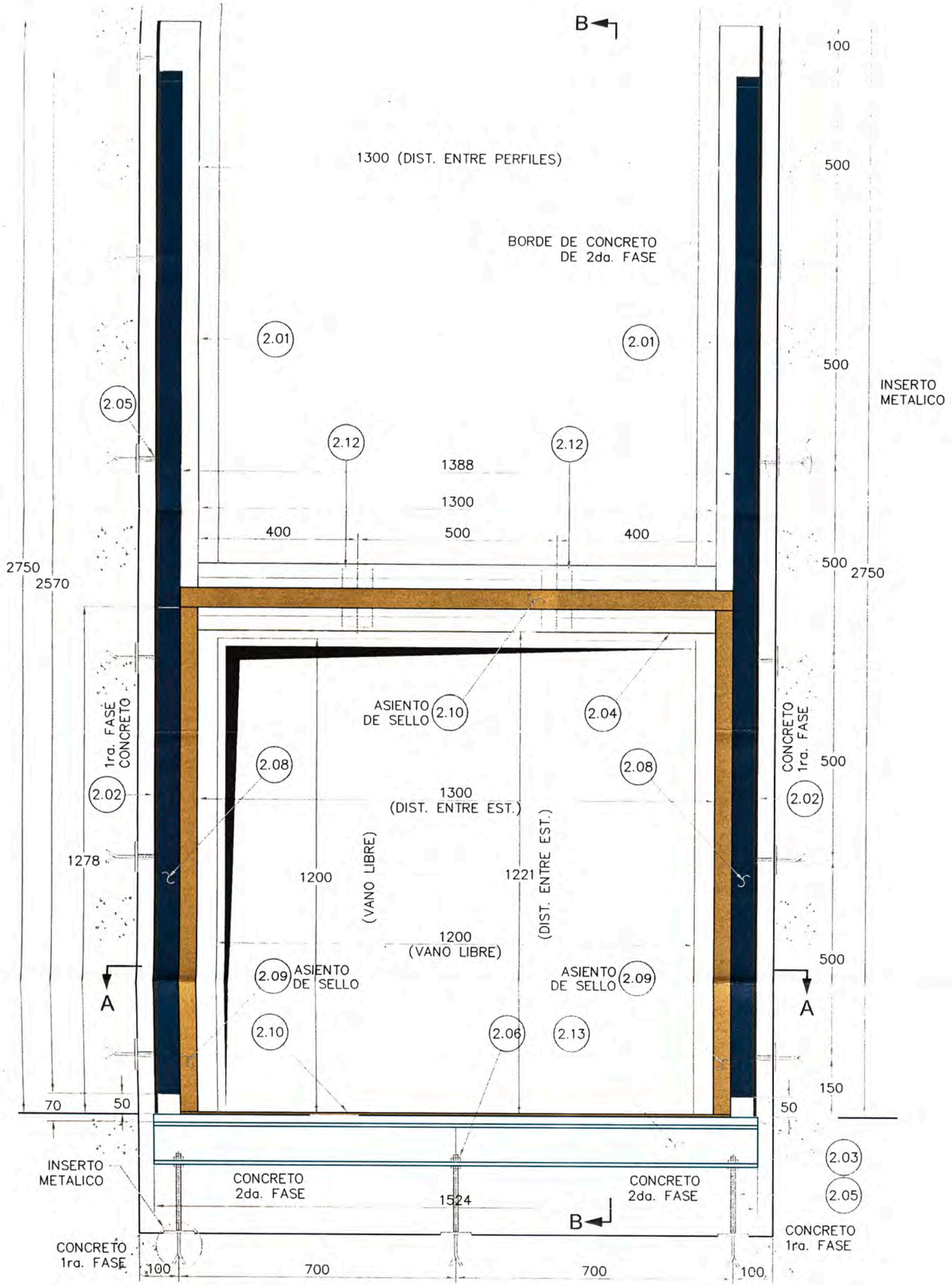


**DISCO DE
BRONCE** 5.03
1:2.5



**BUJE DE
BRONCE** 5.04
1:2.5

5.06	PRISIONERO M8x40	AISI 304	08	16
5.05	CHAVETA, 60x25x6	ASTM A36	04	08
5.04	BUJE DE BRONCE, Ø90x51	SAE 62	04	08
5.03	DISCO DE BRONCE, Ø90x6	SAE 62	04	08
5.02	EJE DE RUEDA, Ø70x224	AISI 304	04	08
5.01	RUEDA DE AC. INOX, Ø179x61	AISI 304	04	08
Nº OR.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	CANT.	TOTAL



VISTA FRONTAL 1:15

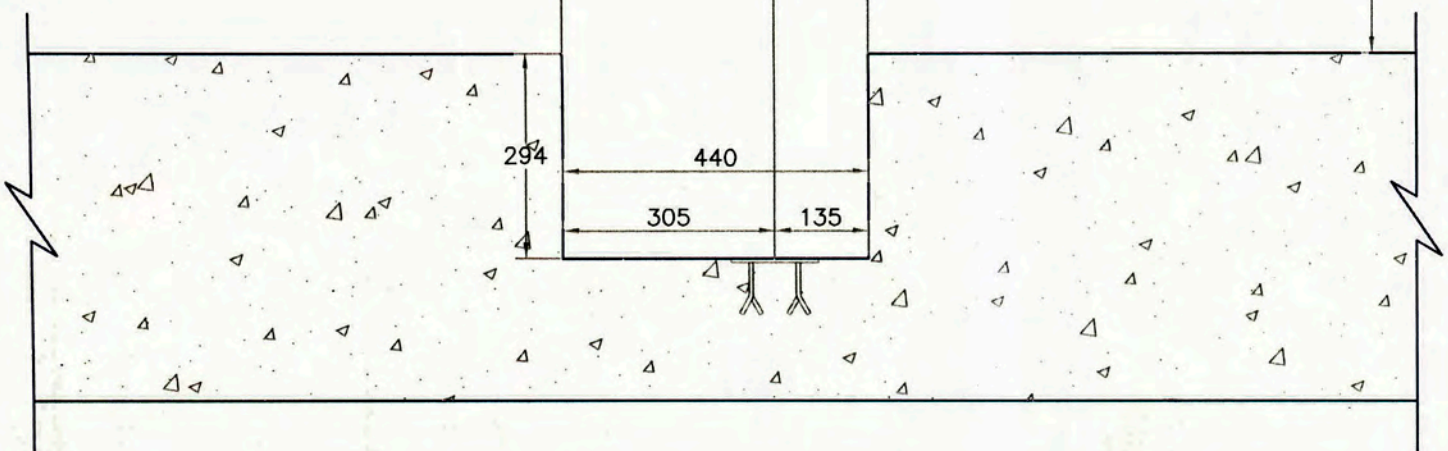
PRESA CHALHUANCA
 COMPUERTA VAGON
 ESTRUCTURA EMPOTRADA - VISTA FRONTAL
VF-CV-01

EJE REFERENCIAL DE TRABAJO

440 135



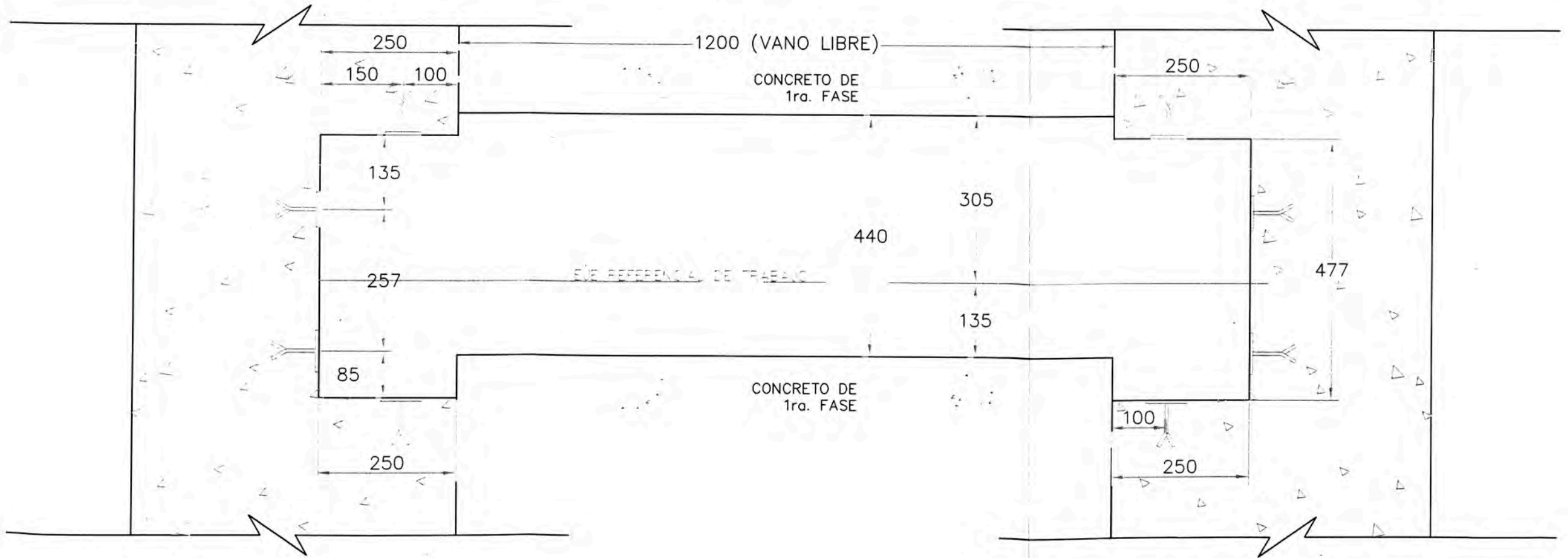
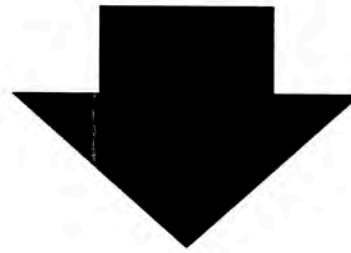
1200



TITULO:

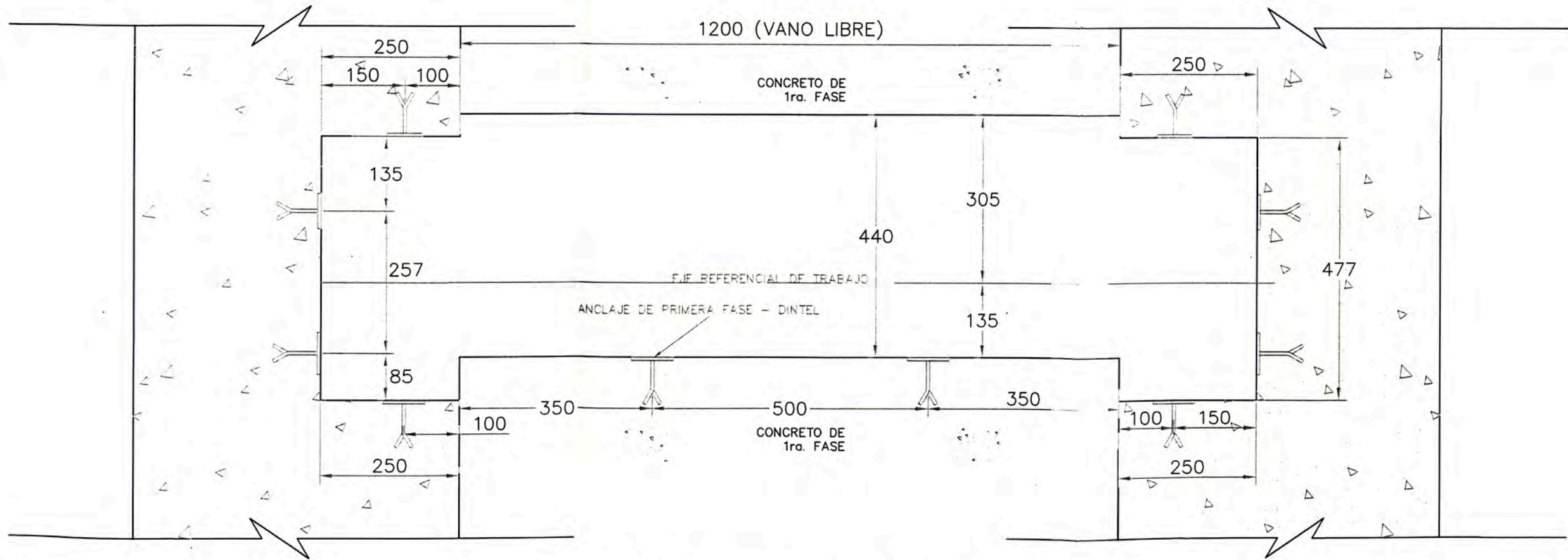
INFORME DE SUFICIENCIA
COMPUERTA VAGON
ANCLAJE DE PRIMERA FASE - SOLERA

PLANO: **PF-CV-01**



INFORME DE SUFICIENCIA
COMPUERTA VAGON
PRIMERA FASE - SECCION A - A

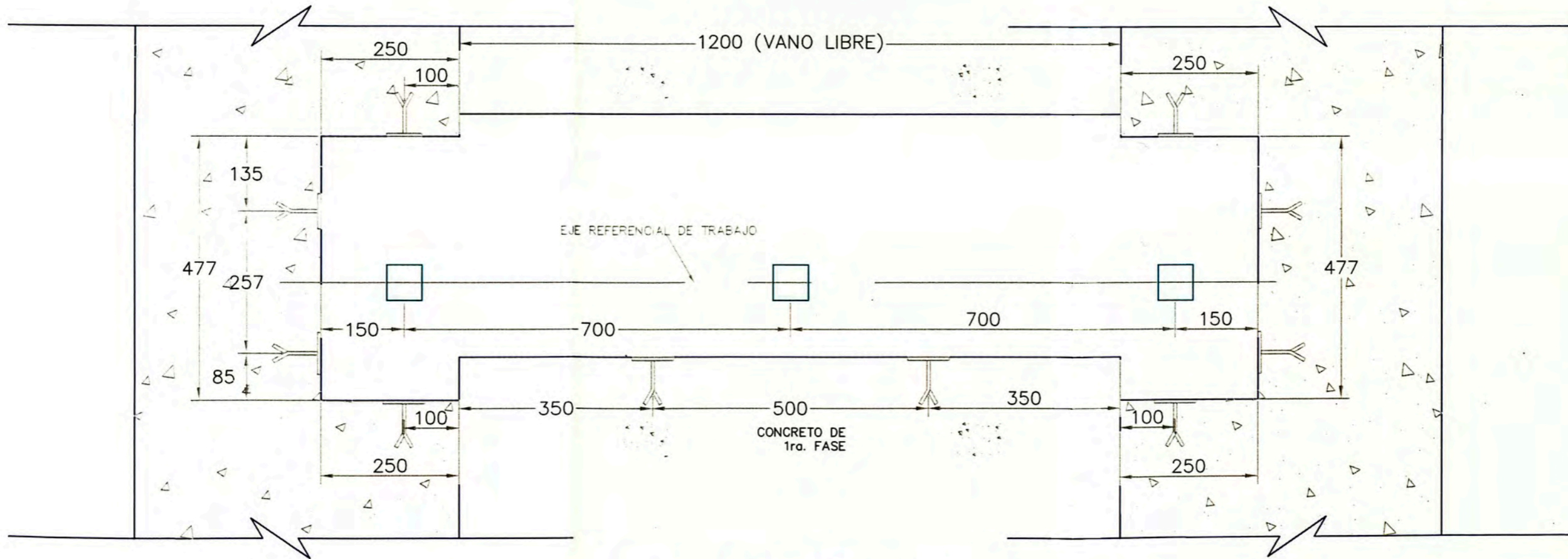
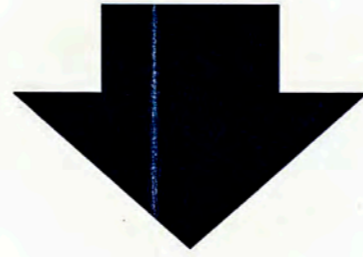
PF-CV-02



CONCRETO DE PRIMERA FASE
SECCION A - A

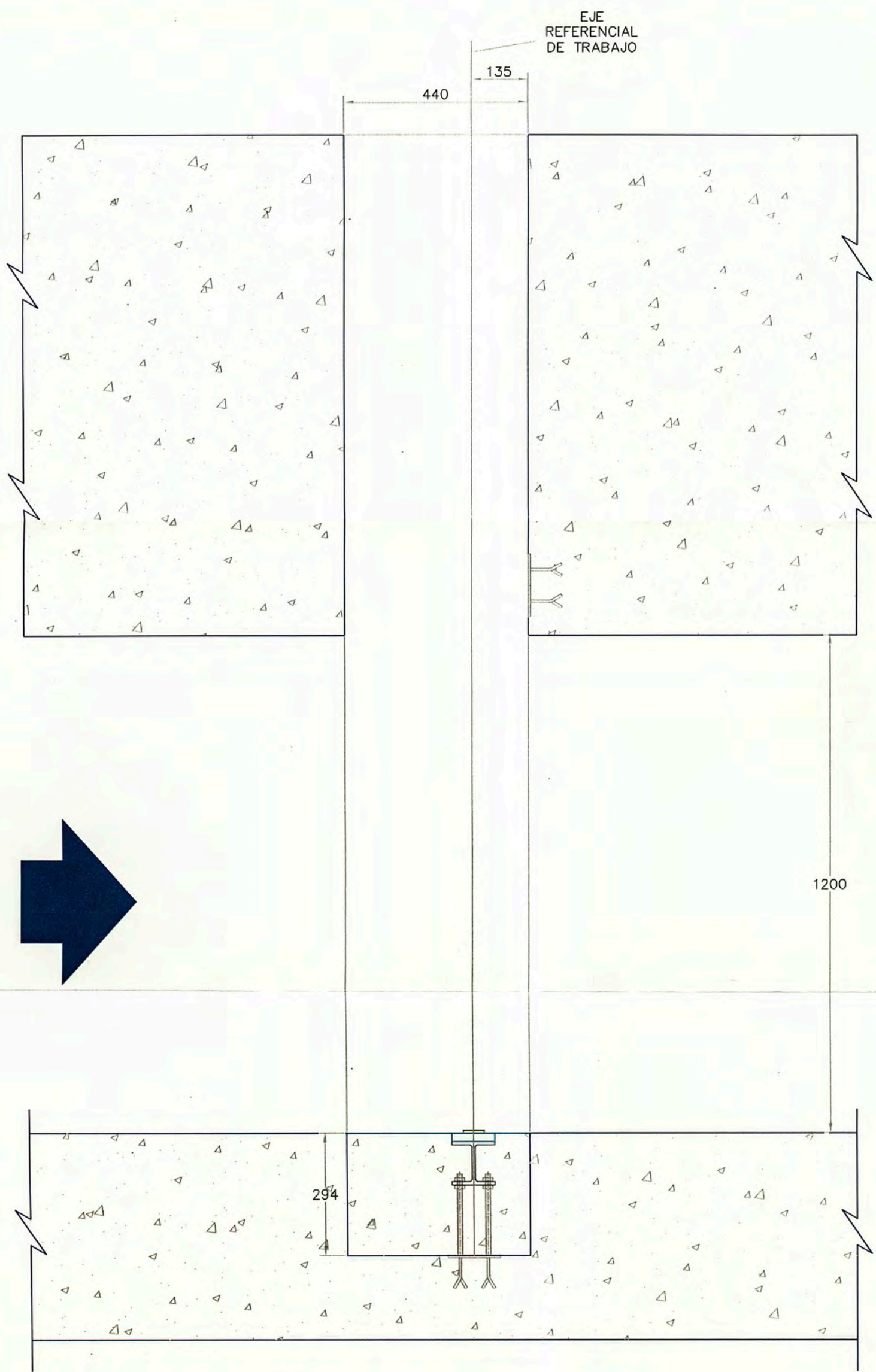
INFORME DE SUFICIENCIA
COMPUERTA VAGON
DINTEL - PRIMERA FASE - SECCION A - A

PLANO: **PF-CV-03**

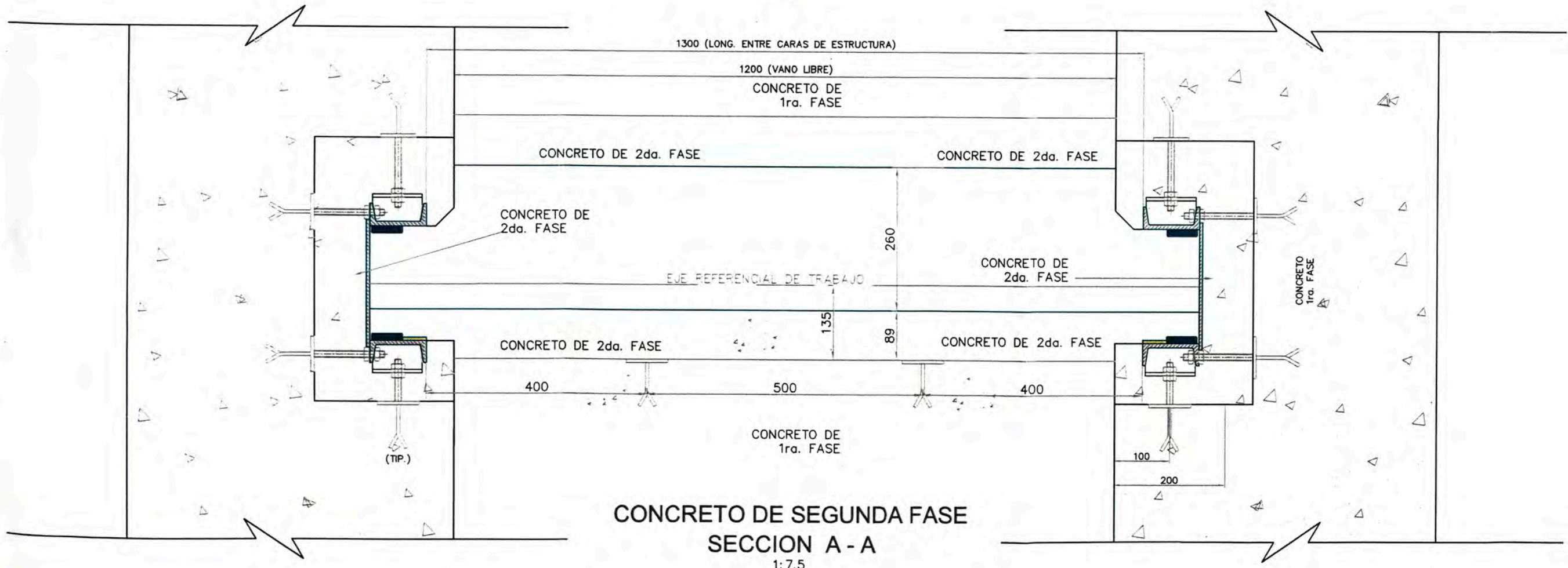


CONCRETO DE PRIMERA FASE
SECCION A - A
1:12

TITULO:	INFORME DE SUFICIENCIA COMPUERTA VAGON SOLERA - PRIMERA FASE - SECCION A - A
PLANO:	PF-CV-04



TITULO:	INFORME DE SUFUCIENCIA COMPUERTA VAGON SOLERA - ESTRUCTURA EMPOTRADA VISTA FRONTAL
PLANO:	SF-CV-01



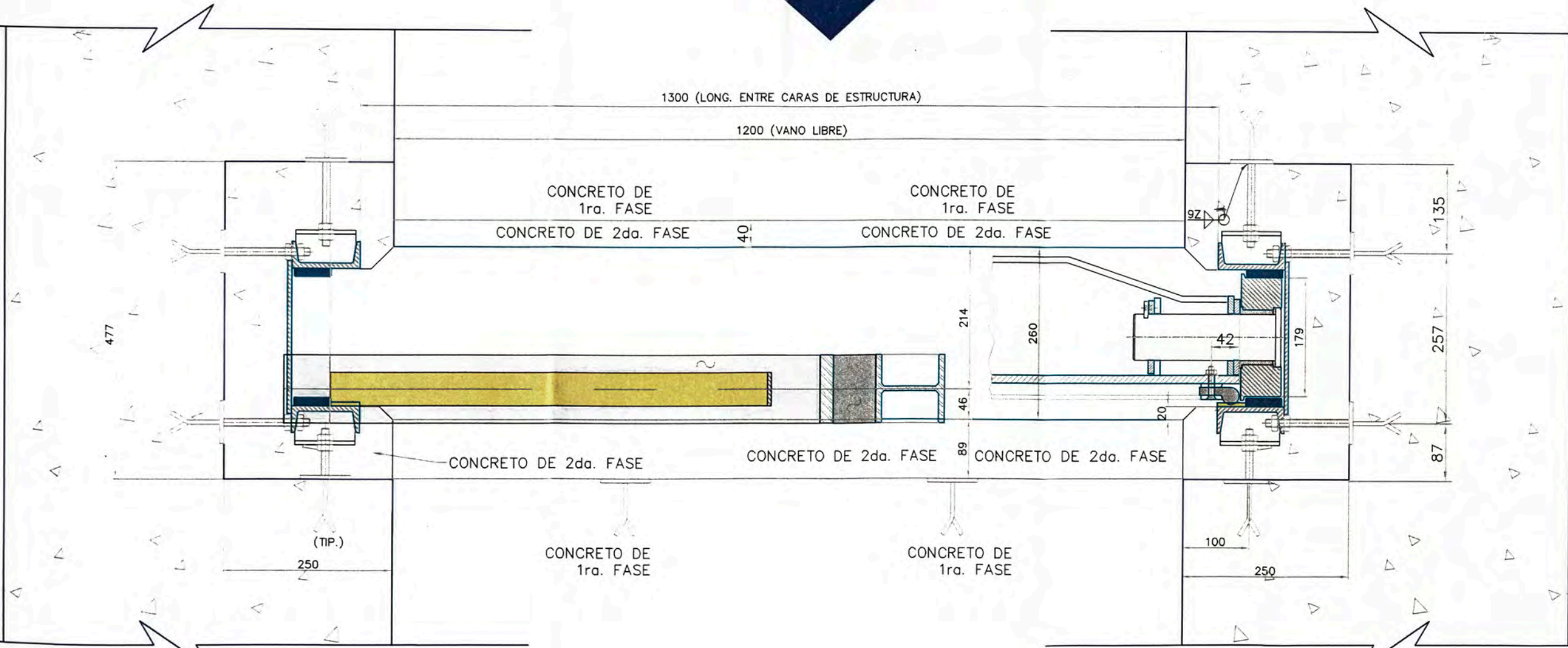
CONCRETO DE SEGUNDA FASE
SECCION A - A
1:7.5

DIN 7168 - DESVIACIONES PERMISIBLES PARA DIMENSIONES LINEALES, EXCEPTO RADIOS DE CURVATURA Y BISELES

CLASE DE TOLERANCIA	DESVIACIONES PERMISIBLES (en mm), PARA TAMAÑOS NOMINALES (en mm)								
	0.5 A 3	3 A 6	6 A 30	30 A 120	120 A 400	400 A 1000	1000 A 2000	2000 A 4000	4000 A 8000
FINO (*)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	-
MEDIO (**)	±0.15	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0
GRUESO (***)	-	±0.5	±1.0	±1.5	±1.2	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0

*) COMPONENTES MECANIZADOS, **) SUPERFICIES DE SELLADO, ***) CALDERERIA EN GENERAL

INFORME DE SUFUCIENCIA
COMPUERTA VAGON
ESTRUCTURA EMPOTRADA
MARCO VERTICAL
SF-CV-02

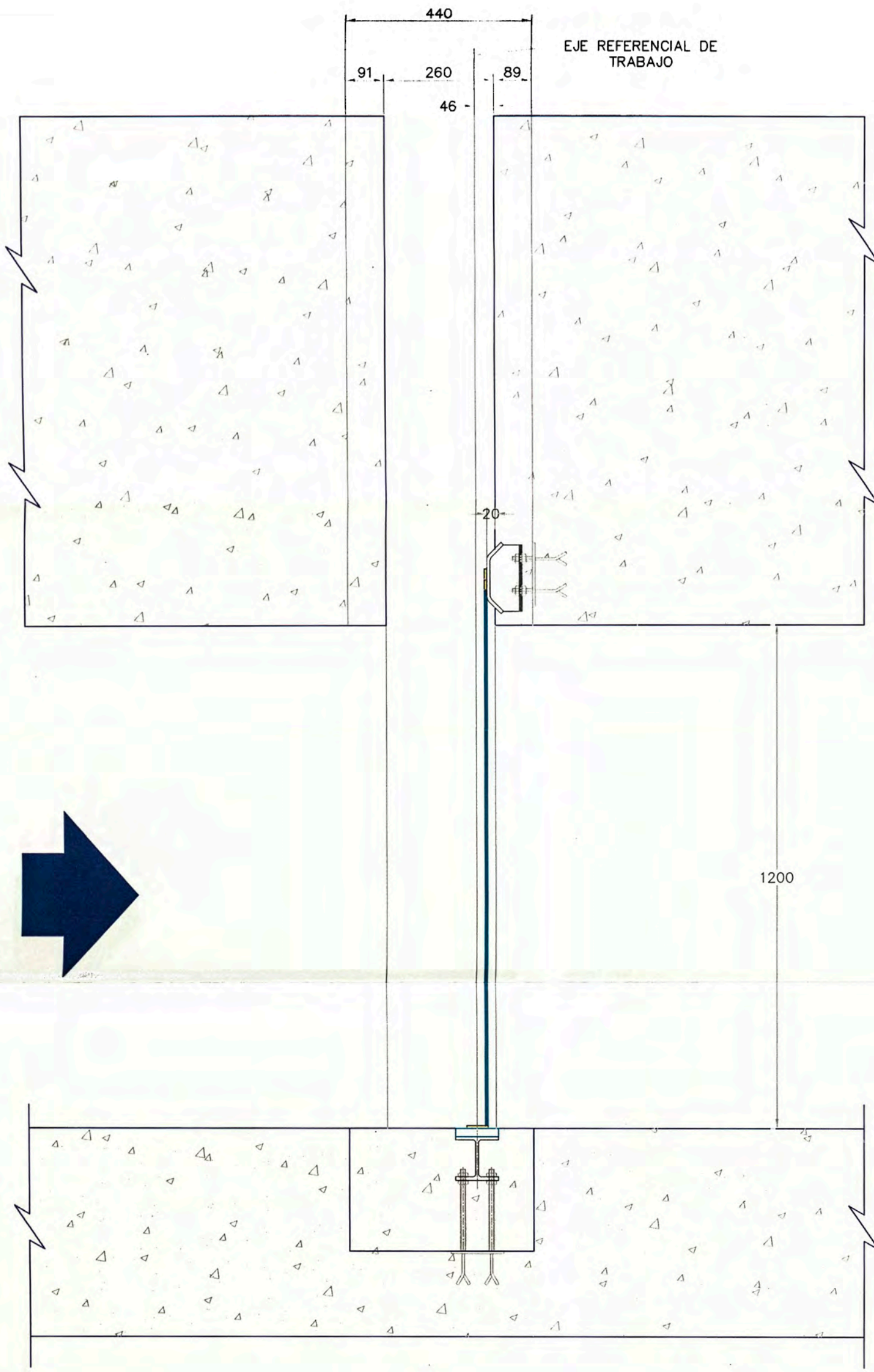


DIN 7188 - DESVIACIONES PERMISIBLES PARA DIMENSIONES LINEALES, EXCEPTO RADIOS DE CURVATURA Y BISELES

CLASE DE TOLERANCIA	DESVIACIONES PERMISIBLES (en mm), PARA TAMAÑOS NOMINALES (en mm)								
	0.5 A 3	3 A 6	6 A 30	30 A 120	120 A 400	400 A 1000	1000 A 2000	2000 A 4000	4000 A 8000
FINO (*)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	—
MEDIO (**)	±0.15	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0
GRUESO (***)	—	±0.5	±1.0	±1.5	±1.2	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0

*) COMPONENTES MECANIZADOS, **) SUPERFICIES DE SELLADO, ***) CALDERERIA EN GENERAL

INFORME DE SUFUCIENCIA
 COMPUERTA VAGON
 ESTRUCTURA EMPOTRADA
 SOLERA
SF-CV-03

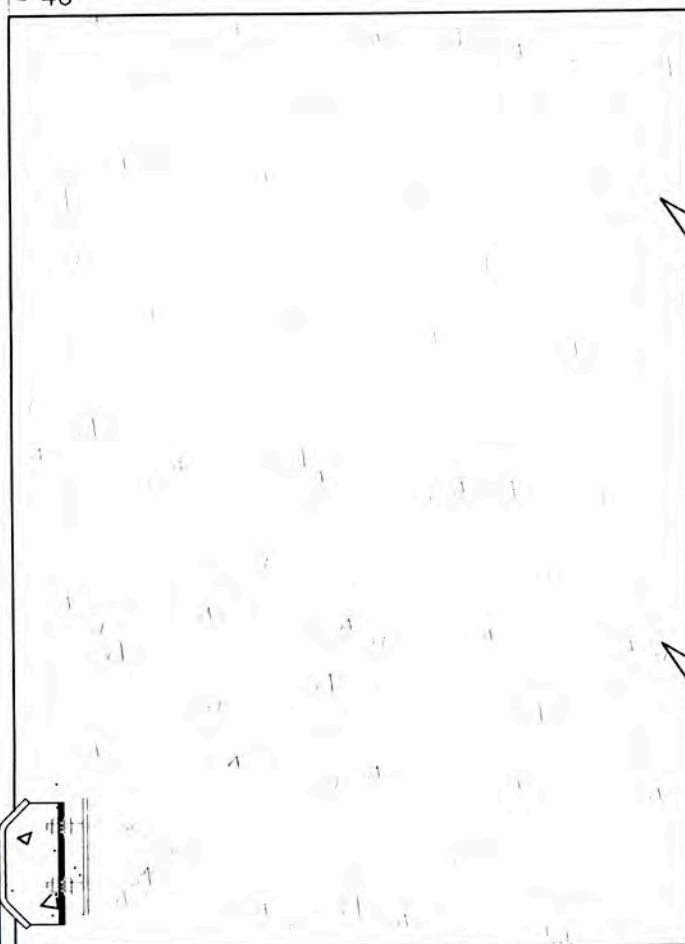
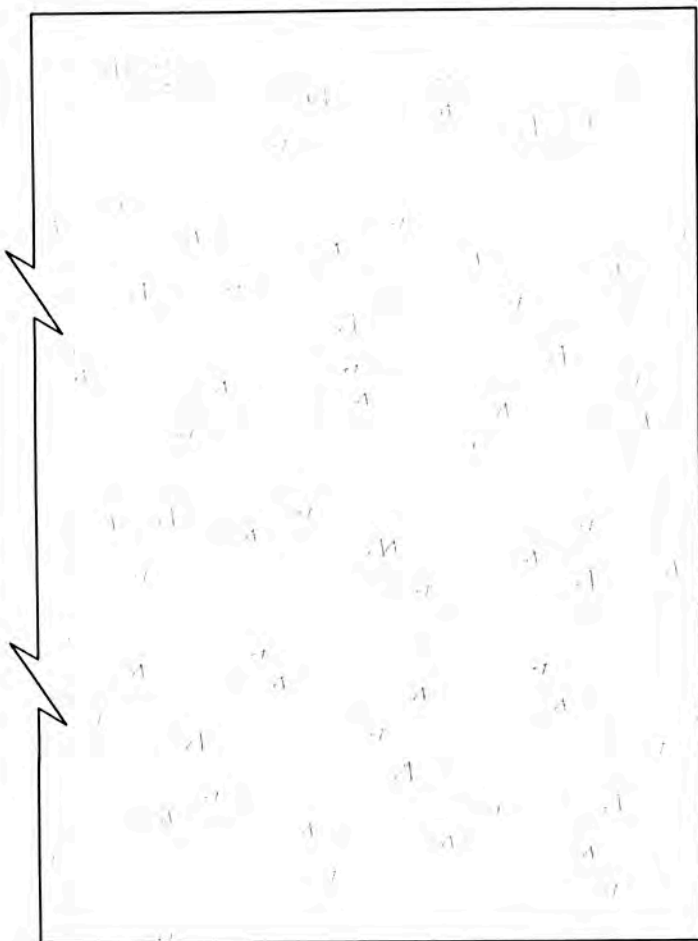


TÍTULO:	INFORME DE SUFUCIENCIA COMPUERTA VAGON ESTRUCTURA EMPOTRADA DINTEL
PLANO:	SF-CV-04

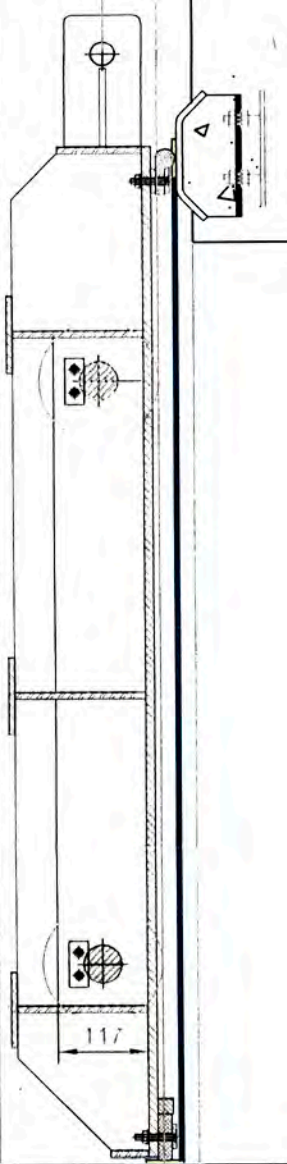
EJE
REFERENCIAL
DE TRABAJO

214

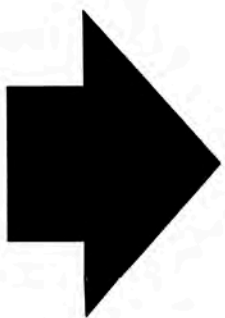
- 46



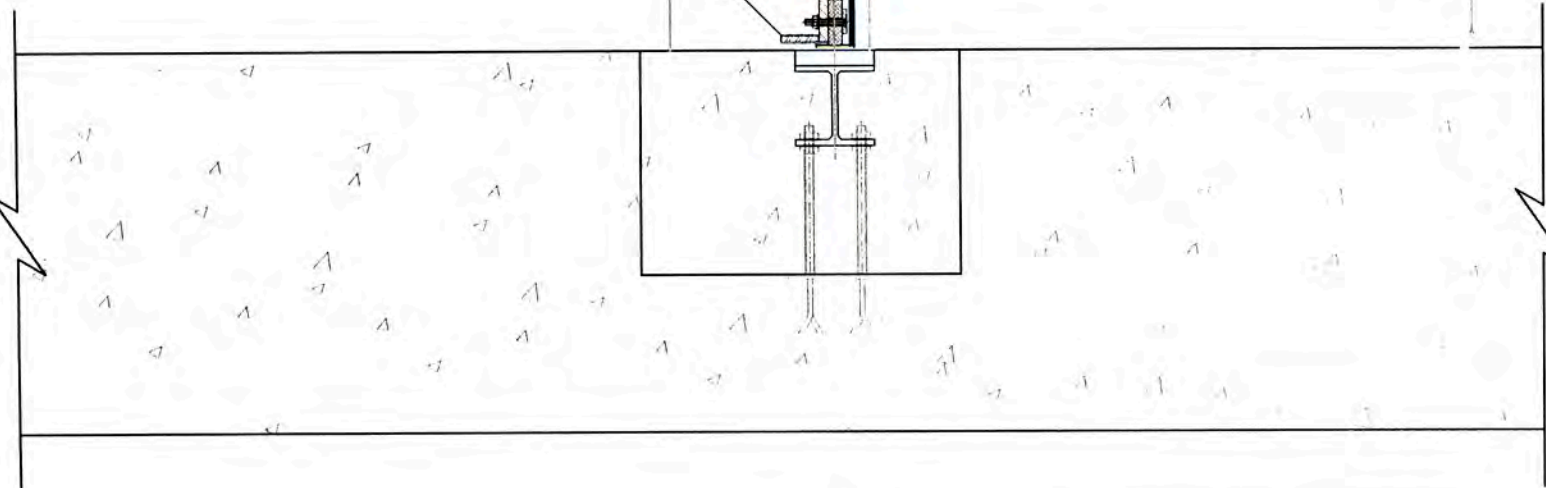
70



1200



117

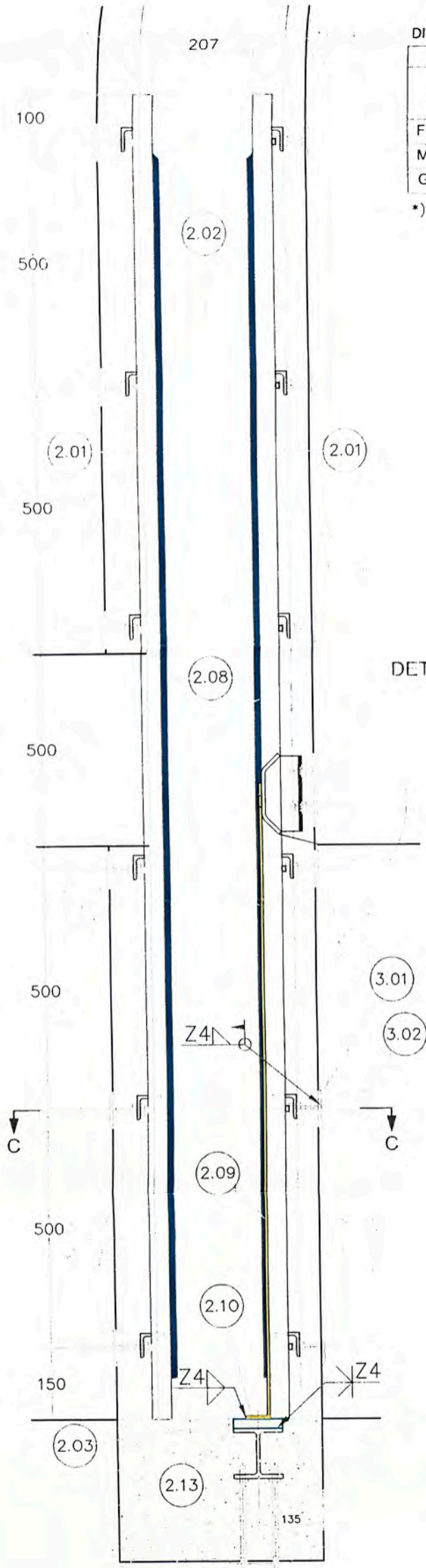


INFORME DE SUFUCIENCIA
COMPUERTA VAGON
ESTRUCTURA EMPOTRADA

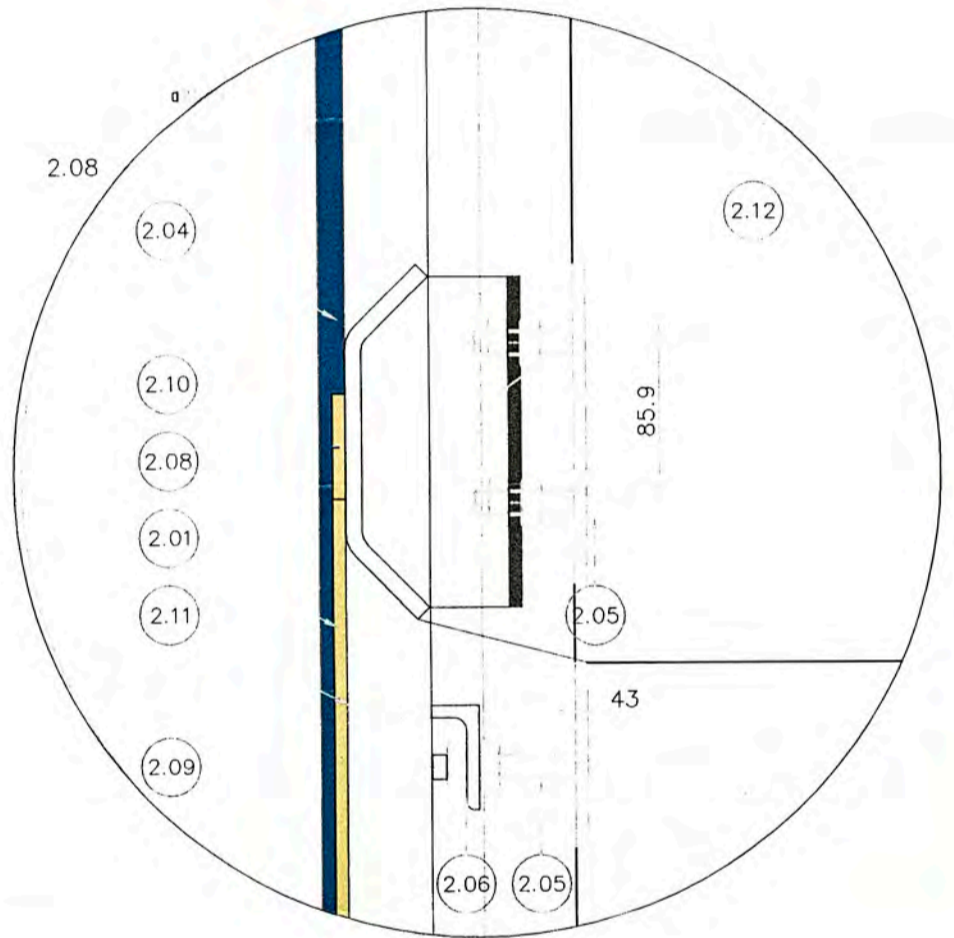
SF-CV-05

CLASE DE TOLERANCIA	DESVIACIONES PERMISIBLES (en mm), PARA TAMAÑOS NOMINALES (en mm)								
	0.5 A 3	3 A 6	6 A 30	30 A 120	120 A 400	400 A 1000	1000 A 2000	2000 A 4000	4000 A 8000
FINO (*)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	—
MEDIO (**)	±0.15	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0
GRUESO (***)	—	±0.5	±1.0	±1.5	±1.2	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0

*) COMPONENTES MECANIZADOS, **) SUPERFICIES DE SELLADO, ***) CALDERERIA EN GENERAL



DETALLE 1



DETALLE 1
1:5

SECCION B - B
1:15

ANEXOS

- 11.1 Ficha técnica del sello de Neoprene.
- 11.2 Preparación de superficies metálicas.
- 11.3 Ficha técnica de la pintura base.
- 11.4 Ficha técnica de la pintura de acabado.
- 11.5 Norma DIN 19704 – 1.
- 11.6 Norma DIN 19704 – 2.
- 11.7 Norma brasileña NBR 8883.
- 11.8 Norma brasileña NBR 7259.

EMPAQUETADURAS Y SELLOS MECANICOS S.A.C.

Jr. Morro de Arjca # 368 Dpto. H - La Perla - Callao

Jr. Ramon Carcamo N° 576 - Lima

Tel: 332-1848 Fax: 837*3133 837*5087

Fabricación de artículos de jebe en General, Sellos Hidráulicos y Mecánicos, Retenes, neumáticos, radiales, Chevrons, Oring,
Acoples en Material de Poliuretano, Nitrilo, Neopreno, Haypalon, Silicona y Viton.

Señores,

Lima, Abril del 2007

HIDRAULICA NEUMATICA INDUSTRIAL S.A.

Presente.-

CERTIFICADO DE GARANTIA

Sirva la presente para hacer de su conocimiento que nuestra representada **EMPAQUETADURAS Y SELLOS MECANICOS S.A.C.** con RUC. 20155080415, garantiza por un periodo de 05 años de vida útil el suministro de las Frisas de Neoprene Tipo Nota Musical suministrada a vuestra empresa para el uso de compuertas planas de Acero Inoxidable.

Asimismo detallamos las características del producto suministrado:

CARACTERISTICAS TECNICAS	NORMA	UNIDADES	VALOR
<u>Propiedades</u>			
Dureza	ASTM D 2240	Shore A	70+/-5
Resistencia tensión punto rotura	ASTM D 412	Mpa(psi)	4.83 (700)
Elongación punto de rotura	ASTM D 412	%	300
<u>Envejecimiento (70°)</u>			
Deformación a compresión (22h)	ASTM D 395	%	39,0
Variación de dureza (70h)	ASTM D 573	Shore A	+6
Variación de la tensión pto de rotura (70h)	ASTM D 573	%	+4
Variación de la elongación	ASTM D 573	%	-15
Absorción de agua (70h a 100°)	ASTM D 471	%	+6.4

Características Físicas

- Buena resistencia a la compresión
- Moderada resistencia a la intemperie
- A 70° conserva buenas propiedades mecánicas
- Se emplea en la fabricación de juntas

Características Químicas

- Presenta buena resistencia a ácidos débiles y alcoholes

Se deja constancia de que nuestra representada no garantiza cualquier defecto por mala maniobra o uso indebido del referido suministro.

Extendemos el presente certificado a vuestra solicitud de ustedes para los fines que estime conveniente.



Empaquetaduras y Sellos Mecánicos
Jr. Carcamo N° 576 - Lima
RUC: 20155080415

LIMPIEZA CON SOLVENTE

(según norma SSPC-SP 1)

Remoción de sales, tierra, suciedad, grasa, aceites y otros a través de limpieza por removedores de pintura, desengrasado por vapor, limpiadores alcalinos, trapeado con solventes, sopleteado con solventes, inmersión en solventes y limpieza con emulsionantes. No es apto para remover componentes inorgánicos tales como: óxido, sulfatos, calamina, escoria de fundición y cloritos.

LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS MANUALES

(según norma SSPC-SP 2)

No se podrán remover contaminantes como el óxido y la calamina. Este método sólo se puede realizar en condiciones ambientales normales, en el caso de que se utilicen pinturas con buen poder humectante.

LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS MECÁNICAS

(según norma SSPC-SP 3)

Remoción de herrumbre suelta, pintura y escamas sueltas por lijadora, cepillo orbital, amoladora, esmeriladora, etc.

LIMPIEZA CON LLAMA

(según norma SSPC-SP 4)

Deshidratación y remoción de herrumbre, escamas sueltas y escamas adheridas por medio de llama, seguido de cepillado con cepillo de alambre. Esta especificación dejó de ser utilizada.

LIMPIEZA POR SOPLETEADO GRADO METAL BLANCO

(según norma SSPC-SP 5)

Para ambientes muy corrosivos y para servicio de inmersión. Se debe pintar el área tratada en el día para evitar que se forme óxido. Limpieza abrasiva a través de sopleteado por rueda o boquilla (seco o húmedo) usando cascajo, granalla o arena para la remoción de toda pintura, materia extraña, herrumbre o escamas visibles.

LIMPIEZA POR SOPLETEADO GRADO COMERCIAL

(según norma SSPC-SP 6)

Esta limpieza se debe realizar cuando se requiera un alto grado de preparación de superficies pero, si bien removerá gran cantidad de la calamina, la superficie no quedará uniformemente limpia ni del mismo color.

LIMPIEZA POR SOPLETEADO RÁPIDO

(según norma SSPC-SP 7)

Este método reemplaza a la limpieza mecánica. Se busca desprender todo óxido o calamina suelta. El remanente debe estar firmemente adherido y suficientemente erosionado para asegurar un buen anclaje. Esta limpieza deberá utilizarse cuando

el ambiente es lo más benigno posible como para permitir la fuerte adhesión de contaminantes en la superficie.

LIMPIEZA POR MEDIO DE BAÑOS QUÍMICOS

(según norma SSPC-SP 8)

Es de extrema importancia enjuagar bien con agua limpia y pasivar luego de lavada la superficie. Es un método efectivo pero complicado para grandes áreas. Se logra la eliminación completa de óxido y calamida (escamas de laminación)

EXPOSICIÓN A LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS

(según norma SSPC-SP 9)

Remueve todas o parte de las escamas de laminación. Este proceso debe ser seguido de una limpieza por sopleteado. Esta especificación dejó de ser utilizada porque en ambientes muy agresivos, al oxidarse la superficie, ésta también se contamina y remover la contaminación junto con el óxido es muy difícil.

LIMPIEZA POR SOPLETEADO GRADO METAL CASI BLANCO

(según norma SSPC-SP 10)

Para zonas de elevada humedad, ambientes marinos o corrosivos, atmósferas contaminadas por productos químicos. Se obtiene cuando el 95% de cada elemento del área de superficie está libre de todo residuo visible.

Ficha Técnica

JOTAMASTIC 87

Descripción del producto

Jotamastic 87 es una imprimación epoxi mastic de dos componentes "surface tolerant" de alto contenido en sólidos, resistente a la abrasión, que puede ser aplicado a altos espesores. Se encuentran disponibles dos endurecedores (Comp. "B") según las temperaturas de aplicación, Standard (Std) y Cold Climate (CC)/Wintergrade (WG). Este producto forma parte de un sistema completo retardador de llama con certificado.

Uso recomendado

Se recomienda para la aplicación en superficies de acero donde no es posible efectuar una buena preparación (chorreado) y en superficies tratadas con agua a muy alta presión (hidrojetting) y donde la retención de brillo no es importante. Puede ser usado solo o en combinación con otros sistemas de imprimaciones y acabados. Excelente protección contra la corrosión tanto en agua dulce como agua salada. El producto puede calentar si se expone a la luz solar directa.

Espesor de película y rendimiento

Standard comp. B	Mínimo	Maximo	Recomendado
Espesor de película, seco (en micras, μm)	150	300	200
Espesor de película, húmedo (en micras, μm)	180	365	245
Rendimiento teórico (m^2/l)	5,5	2,7	4,1
Cold climate comp. B	Mínimo	Maximo	Recomendado
Espesor de película, seco (en micras, μm)	150	250	200
Espesor de película, húmedo (en micras, μm)	200	340	270
Rendimiento teórico (m^2/l)	4,9	3	3,7

Homologaciones

Homologado por la "APAS" de acuerdo con las normas 0156/2, 2973, 2973F, 2976 y 2977.

Información Técnica

Color	Colores limitados
Sólidos en volumen (vol%)*	82 ± 2 Std Comp. B 74 ± 2 CC/WG Comp. B
Punto de inflamación	Std Comp. B: 35°C ± 2 (Setaflash) CC/WG Comp. B: 31°C ± 2 (Setaflash)
VOC (Emisión de VOC's)	Std Comp. B: 2,25 lbs/gal (270 gram/ltr.) USA-EPA Metode 24 150 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3 CC/WG Comp. B: 210 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3
Aspecto	Satinado
Retención de brillo	Regular
Resistencia al agua	Excelente
Resistencia al abrasión	Muy buena
Resistencia a disolventes	Buena
Resistencia química	Muy buena
Flexibilidad	Buena

*Medido según Norma ISO 3233:1998 (E)

Preparación de la superficie

El sustrato debe estar en buen estado, limpio, seco y libre contaminación. La superficie deberá comprobarse y tratarse según se establece en la norma ISO 8504.

Acero sin protección

Limpieza: Cepillado mecánico al grado min. St 2 (ISO 8501-1:1988). Mejorando la preparación de superficies (chorreado al grado Sa 2½) mejorará el resultado. En caso de hidrojettin el grado de oxidación rápida o "flash rust" no deberá exceder de moderado de las normas SSPC y NACE para las superficies preparadas mediante chorro de agua.

Acero con shopprimer

Shopprimer compatible, limpio, seco y en buen estado.

Superficies pintadas

Imprimación compatible limpia, seca y en buen estado. Contactar con Jotun para mayor información. Para mantenimientos limpiar con agua dulce a muy alta presión o UHPWJ al grado WJ2 (NACE Nº.5/SSPC-SP 12) o limpieza mecánica al grado min. St 2 para áreas oxidadas.

Otras superficies

También puede aplicarse sobre otros sustratos. Contactar con Jotun para mayor información.

Condiciones durante la aplicación

La temperatura del sustrato deberá ser como mínimo de +10°C (Std) (-5°C in CC) y por lo menos de 3°C por encima del punto de rocío del aire. La temperatura y la humedad relativa deberán ser medidas en las cercanías del sustrato. Cuando se usa en espacios cerrados es necesaria buena ventilación.

El tratamiento de superficies de acero mediante Hidrojettin provoca humedad sobre la superficie. La humedad relativa del aire no deberá superar el 85 %. La superficie a pintar no debe presentar un aspecto brillante de humedad antes del pintado, pero puede tener un aspecto de parches de distinta apariencia.

Métodos de aplicación

Pistola	Usar pistola airless.
Brocha	Adecuado para parcheos y pequeñas áreas. Es necesario asegurarse de que se aplican los espesores recomendados.
Rodillo	Puede usarse para pequeñas áreas pero no es recomendable para las primeras capas. En las aplicaciones a rodillo se debe tener la precaución de aplicar el material suficiente a fin de obtener el espesor recomendado.

Datos de aplicación

Proporción de la mezcla	Std Comp. B: 6 partes de Comp. A (base) y 1 parte de Standard Comp. B (endurecedor). CC/WG Comp. B: 4 partes de Comp. A (base) y 1 parte de Cold Climate Comp. B (endurecedor).
Tiempo de inducción	10 minutos.
Duración de la mezcla (23°C)	Std Comp. B: 2 horas CC/WG Comp. B: 1 hora
Disolvente/Cleaner	Jotun Thinner Nº 17
Guía de aplicación a pistola airless	
Presión	15 MPa (150 kp/cm ² , 2100 psi).
Boquilla	0.58-0.79 mm (0.023-0.031")
Angulo de proyección	40-80°
Filtro	Comprobar que los filtros estén siempre limpios.

Observaciones	<p>*La temperatura de la mezcla de la base y el endurecedor debe ser como mínimo de 15°C, de lo contrario puede ser necesario añadir disolvente para obtener la viscosidad correcta de aplicación.</p> <p>*Demasiado disolvente afecta a la resistencia al descuelgue y retrasa el curado.</p> <p>*El disolvente debe añadirse después de la mezcla de los dos componentes.</p>
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tiempos de secado

Los tiempos de secado dependen generalmente de la ventilación, de la temperatura ambiental y del soporte, de los espesores aplicados por capa y por el número de capas. Los datos señalados se han obtenido en las siguientes condiciones:

- Buena ventilación (aplicación al exterior o con circulación libre de aire)
- Observando los espesores recomendados
- Aplicando una capa de pintura sobre soporte inerte

Std Comp. B			
Temperatura del soporte			40°C
Seco al tacto	10°C		
Seco	8 h		2 h
Curado	24 h	10 h	4 h
Seco para recubrir, mínimo	14 d	7 d	2 d
Seco para recubrir, máximo¹	24 h	10 h	4 h

CC/WG Comp. B

Temperatura del soporte	-5°C	0°C	5°C	10°C	23°C
Seco al tacto	24 h	18 h	12 h	6 h	2.5 h
Seco	48 h	26 h	18 h	12 h	5 h
Curado	d	14 d	7 d	3 d	2 d
Seco para recubrir, mínimo	48 h	26 h	18 h	12 h	5 h
Seco para recubrir, máximo¹					

1. Si la superficie a pintar está libre de caleos y de otro tipo de contaminación, normalmente no hay tiempo máximo de repintado. Sin embargo, la mejor adherencia entre capas se obtiene cuando la subsiguiente capa es aplicada antes de que la capa precedente esté totalmente curada. Si la capa de pintura ha estado expuesta a la luz directa del sol durante algún tiempo, debe prestarse especial atención a la limpieza y matizado/eliminación de la capa superficial a fin de obtener una buena adherencia.

Los datos señalados son únicamente indicativos. Los datos reales sólo pueden determinarse "in situ" dependiendo de la antigüedad del sistema existente, los tipos de pinturas, el número de capas, la dilución, la temperatura, ventilación, etc.

Sistema recomendado

Jotamastic 87	2 x 200 µm	(Espesor Película Seca)
Hardtop AS	1 x 50 µm	(Espesor Película Seca)

También pueden especificarse otros sistemas dependiendo del área de uso.

Almacenamiento

El producto debe conservarse en el envase original, en un lugar seco, fresco y bien ventilado y lejos de cualquier fuente de calor o ignición de acuerdo con la legislación vigente. Los envases deberán permanecer herméticamente cerrados.

Manipulación

Manipular con cuidado. Agitar bien antes de aplicar.

Envasado

16 litros de Comp. A (base) en envases de 20 litros y 2,7 litros de Std Comp. B (endurecedor) en envase de 3 litros.

y
16 litros Comp. A (base) en envases de 20 litros y 4 litros CC/WG Comp. B (endurecedor) en envases de 5 litros

Los envases pueden ser diferentes en otros países según necesidades locales.

Seguridad e higiene

Observar las indicaciones contenidas en la etiqueta. Aplicar a pistola sólo en lugares ventilados. No respirar o inhalar vapores. Evitar el contacto con la piel. Los derrames o salpicaduras deben eliminarse inmediatamente con un agente de limpieza adecuado, agua y jabón. El contacto con los ojos requiere un lavado inmediato con abundante agua y atención médica.

NOTA

La información facilitada en esta ficha técnica responde a nuestro conocimiento del producto basado en ensayos realizados a nivel de laboratorio y experiencias reales. Sin embargo, y dado que a menudo las pinturas se utilizan en condiciones que escapan a nuestro control, no podemos garantizar más que la calidad propia de la pintura. La empresa se reserva el derecho de modificar los datos contenidos en esta ficha técnica sin previo aviso.

Sede Central & Escandinavia

Jotun A/S
Postboks 2021
N-3248 Sandefjord
Norge
Teléfono +47 33 45 70 00
Fax +47 33 46 46 13

Europa

Jotun Paints (Europe) Ltd.
Stather Road, Flixborough
North Lincolnshire DN15 8RR
United Kingdom
Teléfono +44 172 44 00 000
Fax +44 172 44 00 100

Oriente Próximo

Jotun U.A.E Ltd. LLC.
Al Quoz Industrial Area
P.O Box 3671
Dubai U.A.E
Teléfono +971 4 3 39 50 00
Fax +971 4 3 38 06 66

Sudeste Asiático

Jotun (Singapore) Pte. Ltd.
No 11-15, Sixth Lok Yang
Road
Jurong
Singapore 628 111
Teléfono +65 6265 4711
Fax +65 6265 7484

Jotun es una compañía multinacional con fábricas, oficinas comerciales y almacenes en más de 50 países. Contacte con la oficina regional para conocer su oficina de Jotun más cercana o visite nuestra página web www.jotun.com

Alternativa local:

Jotun Ibérica, S.A.
c/ Estática, 3
Pol. Ind. Santa Rita
08755 Castellbisbal
(Barcelona)
Teléfono +34 93 771 18 00
Fax +34 93 771 18 01

VERSIÓN ESPAÑOLA, EDITADA EL 26 Septiembre 2005. JOTUN
ESTA FICHA TÉCNICA SUSTITUYE CUALQUIER OTRA REFERENTE AL MISMO PRODUCTO, DE FECHA
ANTERIOR

Ficha Técnica

Jotamastic 80



Descripción del producto

Jotamastic 80 es una imprimación epoxi mastic de dos componentes "surface tolerant" de alto contenido en sólidos, que puede ser aplicado a bajos espesores. Se encuentran disponibles dos endurecedores (Comp. "B") según las temperaturas de aplicación, Standard (Std) y Cold Climate (CC)/Wintergrade (WG).

Uso recomendado

Recubrimiento anticorrosivo para estructuras de acero, tanto para áreas por encima de la flotación, como en zonas sumergidas (usar las versiones con pigmento de aluminio pra estos casos), y también para superficies de acero donde no es posible efectuar un chorreado.

Espesor de película y rendimiento

Std Comp. B	Mínimo	Maximo	Recomendado
Espesor de película, seco (en micras, μm)	75	200	100
Espesor de película, húmedo (en micras, μm)	95	250	125
Rendimiento teórico (m^2/l)	10,6	4	8
WG Comp. B	Mínimo	Maximo	Recomendado
Espesor de película, seco (en micras, μm)	75	200	100
Espesor de película, húmedo (en micras, μm)	105	280	140
Rendimiento teórico (m^2/l)	9,6	3,6	7,2

Comentarios

Normativa de Hong Kong: Categoría de pinturas - Otros recubrimientos para buques; COV 200 gms/ltr método HK EPD (listo para su uso); Compuestos exentos - N/D; Peso específico: 1,53 (A+B);

Los valores tanto de COV como de peso específico mostrados son los valores medios. Éstos están sujetos a variaciones en el caso de otros colores.

Información Técnica

Color	Aluminio, Alumino Rojizo, Gris, Negro, Off-white, Rojo, Verde
¶ Sólidos en volumen (vol%)*	80 ± 2 Std Comp. B 72 ± 2 WG Comp. B
Punto de inflamación	Std Comp. B: 35°C ± 2 (Setaflash) WG Comp. B: 31°C ± 2 (Setaflash)
VOC (Emisión de VOC's)	Std Comp. B 145 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3 WG Comp. B 210 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3
¶ Aspecto	Satinado
¶ Retención de brillo	Regular
¶ Resistencia al agua	Muy buena
¶ Resistencia al abrasión	Muy buena
¶ Resistencia a disolventes	Buena
¶ Resistencia química	Buena
¶ Flexibilidad	Buena

*Medido según Norma ISO 3233:1998 (E)

Preparación de la superficie

El sustrato debe estar en buen estado, limpio, seco y libre contaminación. La superficie deberá comprobarse y tratarse según se establece en la norma ISO 8504.

Acero sin protección

Limpieza: Cepillado mecánico al grado min. St 2 (ISO-8501-1:2007). Mejorando la preparación de superficies (chorreado al grado Sa 2½) mejorará el resultado. En caso de hidrojetting el grado de oxidación rápida o "flash rust" no deberá exceder de moderado de las normas SSPC y NACE para las superficies preparadas mediante chorro de agua.

Acero con shopprimer

Shopprimer compatible, limpio, seco y en buen estado.

Superficies pintadas

Imprimación compatible limpia, seca y en buen estado. Contactar con Jotun para mayor información. Para mantenimientos limpiar con agua dulce a muy alta presión o UHPWJ al grado WJ2 (NACE N°.5/SSPC-SP 12) o limpieza mecánica al grado min. St 2 para áreas oxidadas.

Otras superficies

También puede aplicarse sobre otros sustratos. Contactar con Jotun para mayor información.

Condiciones durante la aplicación

La temperatura del sustrato deberá ser como mínimo de +10°C (Std) (-5°C in WG) y por lo menos de 3°C por encima del punto de rocío del aire. La temperatura y la humedad relativa deberán ser medidas en las cercanías del sustrato. Cuando se usa en espacios cerrados es necesaria buena ventilación.

¶ El tratamiento de superficies de acero mediante Hidrojetting provoca humedad sobre la superficie. La humedad relativa del aire no deberá superar el 85 %. La superficie a pintar no debe presentar un aspecto brillante de humedad antes del pintado, pero puede tener un zonas de diferente apariencia.

Métodos de aplicación

Pistola	Usar pistola airless.
Brocha	Puede usarse pero con el cuidado de aplicar los espesores recomendados.
Rodillo	Puede usarse. Sin embargo en las aplicaciones a rodillo se debe tener la precaución de aplicar el material suficiente a fin de obtener el espesor recomendado.

Datos de aplicación

Proporción de la mezcla	Std Comp. B: 7:1 WG Comp. B: 4:1
Mezcla	7 partes en volumen de Comp. A (Base) y 1 parte de Jotamastic 80, Std Comp B (endurecedor) 4 partes en volumen de Comp. A (Base) y 1 parte de Jotamastic 80, WG Comp B (endurecedor)
Tiempo de inducción	10 minutos.
Duración de la mezcla (23°C)	Std Comp. B: 2 horas WG Comp. B: 1 hora
Disolvente/Cleaner	Jotun Thinner N° 17
Guía de aplicación a pistola airless	
Presión	15 MPa (150 kp/cm ² , 2100 psi.).
Boquilla	0,43 - 0,58 mm (0,017 - 0,023")
Angulo de proyección	40 - 80°
Filtro	Comprobar que los filtros estén siempre limpios.
Observaciones	<p>*La temperatura de la mezcla de la base y el endurecedor debe ser como mínimo de 15°C, de lo contrario puede ser necesario añadir disolvente para obtener la viscosidad correcta de aplicación.</p> <p>*Demasiado disolvente afecta a la resistencia al descuelgue y retrasa el curado.</p> <p>*El disolvente debe añadirse después de la mezcla de los dos componentes.</p> <p>Debido a las distintas legislaciones locales, el catalizador estándar puede suministrarse identificado como versión STD o versión SD.</p>

Tiempos de secado

Los tiempos de secado dependen generalmente de la ventilación, de la temperatura ambiental y del soporte, de los espesores aplicados por capa y por el número de capas. Los datos señalados se han obtenido en las siguientes condiciones:

- Buena ventilación (aplicación al exterior o con circulación libre de aire)
- Observando los espesores recomendados
- Aplicando una capa de pintura sobre soporte inerte

Std Comp. B

Temperatura del soporte	10°C	23°C	40°C
Seco al tacto	8 h	4 h	2 h
Seco	24 h	10 h	4 h
Curado	14 d	7 d	2 d
Seco para recubrir, mínimo	24 h	10 h	4 h
Seco para recubrir, máximo ¹			

Temperatura del soporte	-5°C	0°C	5°C	10°C	23°C
Seco al tacto	24 h	18 h	12 h	6 h	2,5 h
Seco	48 h	26 h	18 h	12 h	5 h
Curado	21 d	14 d	7 d	3 d	2 d
Seco para recubrir, mínimo	48 h	26 h	18 h	12 h	5 h
Seco para recubrir, máximo ¹					

1. Si la superficie a pintar está libre de caleos y de otro tipo de contaminación, normalmente no hay tiempo máximo de repintado. Sin embargo, la mejor adherencia entre capas se obtiene cuando la subsiguiente capa es aplicada antes de que la capa precedente esté totalmente curada. Si la capa de pintura ha estado expuesta a la luz directa del sol durante algún tiempo, debe prestarse especial atención a la limpieza y matizado/eliminación de la capa superficial a fin de obtener una buena adherencia.
2. A temperaturas inferiores a 15 °C, es recomendable usar el endurecedor WG Comp. B debido a posibles bajadas de temperatura durante el proceso de curado.

Los datos señalados son únicamente indicativos. Los datos reales sólo pueden determinarse "in situ" dependiendo de la antigüedad del sistema existente, los tipos de pinturas, el número de capas, la dilución, la temperatura, ventilación, etc.

Sistema recomendado

Áreas no sumergidas

Jotamastic 80	2 x 100 µm	(Espesor Película Seca)
Hardtop AS/XP	1 x 50 µm	(Espesor Película Seca)

Áreas sumergidas

Jotamastic 80 Aluminium	2 x 150 µm	(Espesor Película Seca)
Jotamastic 80 Aluminium	2 x 200 µm	(Espesor Película Seca)
Safeguard Universal ES y el antifouling especificado	1 x 100 µm	(Espesor Película Seca)

También pueden especificarse otros sistemas dependiendo del área de uso.

Almacenamiento

El producto debe conservarse en el envase original, en un lugar seco, fresco y bien ventilado y lejos de cualquier fuente de calor o ignición de acuerdo con la legislación vigente. Los envases deberán permanecer herméticamente cerrados.

Manipulación

Manipular con cuidado. Agitar bien antes de aplicar.

Envasado

16 litros de Comp. A (base) en envases de 20 litros y 2,3 litros de Jotamastic 80 Std Comp. B (endurecedor) en envase de 3 litros.

y
16 litros Comp. A (base) en envases de 20 litros y 4 litros Jotamastic 80, WG Comp. B (endurecedor) en envases de 5 litros.

Seguridad e higiene

Observar las indicaciones contenidas en la etiqueta. Aplicar a pistola sólo en lugares ventilados. No respirar o inhalar vapores. Evitar el contacto con la piel. Los derrames o salpicaduras deben eliminarse inmediatamente con un agente de limpieza adecuado, agua y jabón. El contacto con los ojos requiere un lavado inmediato con abundante agua y atención médica.

NOTA DE DESCARGO

La información de esta ficha técnica se ofrece en base a nuestro conocimiento y en ensayos de laboratorio así como en nuestra experiencia práctica. Sin embargo, dado que el producto puede utilizarse en condiciones que escapan a nuestro control, solamente podemos garantizar la calidad del propio producto. Igualmente nos reservamos el derecho de actualizar los datos sin previo aviso. Es posible que se deban realizar ajustes menores en caso de necesidad de cumplir con exigencias legales locales.

Si hay discrepancias de texto prevalecerá la versión en lengua inglesa (UK).

Jotun es una compañía multinacional con fábricas, oficinas comerciales y almacenes en más de 50 países. Contacte con la oficina regional para conocer su oficina de Jotun más cercana o visite nuestra página web www.jotun.com

VERSIÓN ESPAÑOLA, EDITADA EL 26 Noviembre 2010. JOTUN
ESTA FICHA TÉCNICA SUSTITUYE CUALQUIER OTRA REFERENTE AL MISMO PRODUCTO, DE FECHA
ANTERIOR

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigefügte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness. On no account shall the translation be considered authorized by DIN. No part of this document may be reproduced without the prior permission of DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.

Hydraulic steel structures
Part 1: Design analysis

DIN
19704-1

ICS 93.140; 93.160

Descriptors: Hydraulic steel structures, water engineering,
design analysis.

Stahlwasserbauten – Teil 1: Berechnungsgrundlagen

This standard, together
with DIN 19704-2 and
DIN 19704-3, May 1998
editions, supersedes
DIN 19704 and
DIN 19705, Septem-
ber 1976 editions.

In keeping with current practice in standards published by the International Organization for Standardization (ISO), a comma has been used throughout as the decimal marker.

Contents

	Page		Page
Foreword	1	5.3 Accidental actions	9
1 Scope	2	5.3.1 Leaking of air chambers	9
2 Normative references	3	5.3.2 Transport, erection and repair	9
3 Documentation	5	5.4 Other action	9
3.1 Steel structures	5	5.4.1 Gates with double-acting drive	9
3.2 Machinery	5	5.4.2 Blockage by foreign bodies	10
4 Materials	6	5.5 Accidental action of a drive in the case of a malfunction	10
4.1 Steel structures	6	6 Friction	10
4.2 Seals	6	6.1 General	10
4.2.1 Elastomers	6	6.2 Sliding friction	10
4.2.2 Plastics	6	6.3 Static friction	10
4.2.3 Timber	6	6.4 Rolling friction	10
4.2.4 Nonferrous metals	7	6.4.1 Rolling bearings	10
4.3 Machinery	7	6.4.2 Wheels on rails	11
5 Characteristic values of actions for steel structures	7	6.4.3 Wheel flange friction	11
5.1 Permanent actions	7	7 Analysis of steel structures	11
5.2 Variable actions	7	7.1 Scope of analyses	11
5.2.1 Hydrostatic actions	7	7.2 Analysis of effects of actions	11
5.2.2 Hydrodynamic actions	7	7.3 Analysis of resistances	11
5.2.3 Water load	7	7.4 Procedure	12
5.2.4 Ice load	7	7.5 Ultimate limit state analysis	12
5.2.5 Ice pressure	7	7.5.1 General	12
5.2.6 Imposed loads	8	7.5.2 Stability analysis	12
5.2.7 Forces due to inertia	8	7.5.3 Analysis of positional stability	12
5.2.8 Changes in support conditions	9	7.5.4 Fatigue assessment	13
5.2.9 Thermal effects	9	7.6 Serviceability limit state analysis	13
5.2.10 Ship friction	9	7.6.1 General	13
5.2.11 Ship impact	9	7.6.2 Deformations	13
5.2.12 Wind load	9	7.6.3 Closing pressure	13
5.2.13 Tow-rope pulling forces on bollards ...	9	7.7 Further provisions	13
5.2.14 Pressure of fresh concrete	9	7.7.1 Beams with wide flanges	13
		7.7.2 Design of plates in bending	13
		7.7.3 Cut-outs in plates	13
		7.7.4 Rails	14

Continued on pages 2 to 28.

Translation by DIN-Sprachendienst.

In case of doubt, the German-language original should be consulted as the authoritative text.

19704-1 : 2000-00

Characteristic values for actions on machinery	14	10.9.2 Interference fits	21
General	14	10.9.3 Involute spline joints	21
Determining drive forces	14	10.9.4 Ring cone locking assemblies	22
Drive power	15	10.10 Toothed gearing	22
Characteristic values of maximum transmitted forces	16	10.11 Worm gearing	22
Hydraulic drives	16	10.12 Plain bearings made from nonferrous casting alloys	22
1 Basis of calculation	16	10.13 Plain bearings made from composite material with solid lubricant	23
2 Determining design operating pressures	16	10.14 Spherical plain radial bearings	23
3 Determining static pressure in the hydraulic cylinder or motor	17	10.15 Eye bars, chain plates and eye plates ..	24
4 Oil pressure limit values	17	10.16 Chain joints	24
5 Pressure limiter	17	10.17 Rod ends	25
Analysis of machinery	18	10.18 Pinion racks, pinion chains and gear racks	25
General	18	10.19 Rolling bearings	25
Scope of analyses	18	10.20 Rope drives	25
Analysis of effects of actions	18	10.21 Rope wheels, rope drums and compensating rollers	25
Calculation of resistances	18	10.22 Wheels, guide rollers, mitre gate dogs and rails	25
Ultimate limit state analysis	19	10.23 Axles and hinge bolts	26
1 Analysis of stresses under static loading	19	10.24 Helical springs	27
2 Stability analysis	19	10.25 Disc springs	27
3 Fatigue assessment	19	10.26 Fasteners	27
4 Serviceability limit state analysis	19		
Analysis of special machine components	20	Appendix A	
General	20	Basic criteria for fatigue assessment	27
1 Hydraulic cylinders	20	A.1 Gates in inland waters	27
1.1 Standardized cylinders	20	A.1.1 Lock gates	27
1.2 Stress analysis for static loading	20	A.1.2 Ship lift gates	27
1.3 Analysis of buckling strength	20	A.1.3 Ship lift troughs	27
2 Hydraulic pipes	21	A.1.4 Weir gates	28
Hydraulic components	21	A.1.5 Flood gates and safety gates	28
3 Electric motors	21	A.1.6 Gates of pumping stations	28
Brakes	21	A.2 Gates in coastal waters	28
Couplings	21	A.2.1 Tidal range	28
Shafts	21	A.2.2 Lock gates	28
Shaft-to-hub connections	21	A.2.3 Flood gates and barrage gates	28
4 Keyed shafts and splines	21	A.3 Gates of dams and hydroelectric power plants	28

Keyword

This standard has been prepared by Technical Committee *Stahlwasserbau* of the *Normenausschuß Wasserbau* (Water Practice Standards Committee).

Revisions

This standard differs from DIN 19704 and DIN 19705, September 1976 editions, in that these standards have been completely revised and combined into one standard which includes a new safety concept based on the ultimate limit state.

Previous editions

DIN 19704: 1958-06, 1963-12, 1976-09; DIN 19705: 1963-12, 1976-09.

Scope

This standard contains specifications for the design of hydraulic steel structures comprising the structures as well as their associated machinery and electrical equipment. The structures comprise gate bodies with seals, bearings, drives and linkage elements (connecting gates and drives).

This standard covers inspection gates and equipment such as intake trashracks, floating bollards and impact protection facilities, and canal bridges. It may also be applied by analogy to pressure pipes and their fittings. It does not apply to dolphins, lead-in jetties, waterfront structures, landing stages and off-shore structures (e.g. off-shore platforms and lifting platforms).

When designing small gates subject to minor loads (i.e. less than 0,5 bar/m² for water pressure acting on the skin plate), the requirements of this standard need not be complied with if the client so agrees.

The specifications relating to steel structures shall apply to structures subject to loads due to still or flowing waters. They cover both the movable elements and the fixed parts (i.e. parts that are firmly connected to the solid structure), such as sleepers and contact faces. Structural steelwork erected in conjunction with hydraulic steel structures, but not subject to loading due to water pressure, shall be designed and constructed as specified in the relevant regulations or codes of practice.

The specifications relating to machinery cover the machinery required for moving or supporting gates. They comprise mechanical and hydraulic drives (i.e. drives using oil as the fluid for power transmission), manual and auxiliary drives, machine housings and frames, covers of gate shafts under pressure, wheels and guide rollers and their rails, dogs, plain bearings and locking mechanisms for gates, chains, ropes, pinion racks, tooth racks and linkage elements. Pins for connecting machine components to steel structures and axles (including the associated bores) shall be regarded as machine components for the purposes of this standard.

NOTE 1: See DIN 4048-1, DIN 4048-2 and DIN 4054 for terminology relating to water engineering in general.

Further specifications relating to dams are given in DIN 19700-10, DIN 19700-11, DIN 19700-12, DIN 19700-13, and DIN 19700-14.

2 Normative references

This standard incorporates, by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the titles of the publications are listed below. For dated references, subsequent amendment to or revisions of any of these publications apply to this standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references, the latest edition of the publication referred to applies.

DIN 115-1	Power transmission elements – Clamp couplings – Dimensions, torques and speeds
DIN 116	Power transmission elements – Flange couplings – Dimensions, torques and speeds
DIN 732-1	Rolling bearings – Thermal reference speed – Design and coefficients*)
DIN 732-2	Rolling bearings – Thermally permissible operating speed – Design and coefficients*)
DIN 740-2	Power transmission engineering – Flexible couplings – Concepts and design principles
DIN 748-1	Cylindrical shaft ends – Dimensions and nominal torques
DIN 748-3	Cylindrical shaft ends for rotating electric machinery
DIN 1055-4	Design loads for structures – Imposed loads – Wind loads on structures not susceptible to vibration
DIN 1072	Road and foot bridges – Design loads
DIN 2089-1	Helical compression springs made from round wire or rod – Design
DIN 2092	Designing conical disc springs
DIN 2093	Dimensions and quality of conical disc springs
DIN 2413-1	Design of steel pressure pipes
DIN 2413-2	Design of steel bends used in pressure pipes
DIN 3960	Concepts and parameters relating to cylindrical gears and cylindrical gear pairs
Supplement 1 to DIN 3960	Concepts and parameters relating to cylindrical gears and cylindrical gear pairs – List of equations
DIN 3961	Tolerances for cylindrical gears – Principles
DIN 3962-1	Tolerances for cylindrical gears – Tolerances for specified errors
DIN 3962-2	Tolerances for cylindrical gears – Tolerances for helix errors
DIN 3962-3	Tolerances for cylindrical gears – Tolerances for pitch range deviations
DIN 3963	Tolerances for cylindrical gears – Tolerances for composite errors
DIN 3964	Axle distances and axle bearing tolerances for cylindrical gear transmission cases
DIN 3965-1	Accuracy of bevel gears – Principles
DIN 3965-2	Accuracy of bevel gears – Tolerances for individual errors
DIN 3965-3	Accuracy of bevel gears – Tolerances for composite errors
DIN 3965-4	Accuracy of bevel gears – Tolerances for shaft angle errors and common apex errors

*) Currently at draft stage.

DIN 19704-1 : 2000-00

DIN 3967	System of fits for transmissions – Backlash, thickness deviations, and tooth thickness tolerances – Principles
DIN 3990-1	Designing the load capacity of cylindrical gears – Introduction and general parameters
DIN 3990-2	Designing the load capacity of cylindrical gears – Calculation of pitting resistance
DIN 3990-3	Designing the load capacity of cylindrical gears – Calculation of root strength
DIN 3990-4	Designing the load capacity of cylindrical gears – Calculation of scuffing load capacity
DIN 3990-5	Designing the load capacity of cylindrical gears – Fatigue strength and material qualities
DIN 3990-6	Designing the load capacity of cylindrical gears – Calculation of service strength
DIN 3990-11	Designing the load capacity of cylindrical gears – Application standard for industrial transmissions – Detailed method
DIN 3990-12	Designing the load capacity of cylindrical gears – Application standard for industrial transmissions – Simplified method
DIN 3990-21	Designing the load capacity of cylindrical gears – Application standard for high-speed transmissions and transmissions subject to similar requirements
DIN 3991-1	Designing the load capacity of bevel gears without shaft offset – Introduction and general factors
DIN 3991-2	Designing the load capacity of bevel gears without shaft offset – Calculation of pitting resistance
DIN 3991-3	Designing the load capacity of bevel gears without shaft offset – Calculation of root strength
DIN 3991-4	Designing the load capacity of bevel gears without axle offset – Calculation of scuffing resistance
DIN 4048-1	Water engineering – Terminology – Dam plants
DIN 4048-2	Water engineering – Terminology – Water power plants
DIN 4054	Navigation structures – Terminology
DIN 4768	Determination of surface roughness parameters R_a , R_z , R_{max} , using electric stylus instruments – Concepts and measuring conditions
DIN 5480 series	Involute spline joints
DIN 7190	Interference fits – Principles and design
DIN 15020-1	Rope drives – Design principles
DIN 15431	Power transmission engineering – Main dimensions of brake drums
DIN 15434-1	Power transmission engineering – Design principles for drum and disc brakes
DIN 15434-3	Power transmission engineering – Emergency stop brakes – Safety requirements*)
DIN 18218	Pressure of fresh concrete on vertical formwork
DIN 18800-1	Structural steelwork – Design and construction
DIN 18800-2	Structural steelwork – Safety against buckling of linear members and frames
DIN 18800-3	Structural steelwork – Safety against buckling of plates
DIN 18800-4	Structural steelwork – Safety against buckling of shells
DIN 18809	Steel road and foot bridges – Dimensioning, design and construction
DIN 19700-10	Dam plants – General specifications
DIN 19700-11	Dam plants – Dams
DIN 19700-12	Dam plants – Flow control reservoirs
DIN 19700-13	Dam plants – Weirs
DIN 19700-14	Dam plants – Pumped storage reservoirs
DIN 19703	Locks for inland waterways – Design and equipment
DIN 19704-2	Hydraulic steel structures – Detailing and fabrication
DIN 19704-3	Hydraulic steel structures – Electrical equipment
DIN 24333	Fluid power – 250 bar hydraulic cylinders – Mounting dimensions
DIN V ENV 1992-1-1	Design of concrete structures – General rules and rules for buildings
DIN V ENV 1993-1-1	Design of steel structures – General rules and rules for buildings
DIN V ENV 1995-1-1	Design of timber structures – General rules and rules for buildings
DIN EN 10003-1	Metallic materials – Brinell hardness test – Test method
DIN EN 10088-1	Stainless steels – Part 1: List of stainless steels
DIN EN 10088-2	Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for general purpose sheet/plate and strip

*) Currently at draft stage.

DIN EN 10088-3	Stainless steels – Part 3: Technical delivery conditions for general purpose semi-finished products, bars, rods and sections
DIN EN 10204	Inspection documents for metallic products (includes Amendment A 1 : 1995)
DIN EN 60204-1	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – General requirements (modified version of IEC 204-1 : 1992)
ISO 76 : 1987	Rolling bearings – Static load ratings
ISO 281 : 1990	Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life
ISO 3506-1 : 1997	Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners – Part 1: Bolts, screws and studs
ISO 3506-2 : 1997	Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners – Part 2: Nuts
ISO 3506-3 : 1987	Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners – Part 3: Set screws and similar fasteners not under tensile stress
ISO 4006 : 1991	Measurement of fluid flow in closed conduits – Vocabulary and symbols
ISO 4384-1 : 1982	Plain bearings – Hardness testing of bearing metals – Part 1: Compound materials
ISO 4384-2 : 1982	Plain bearings: Hardness testing of bearing metals – Part 2: Solid materials
DAST-Richtlinie (DAST Code of practice) 17	
<i>Beulsicherheitsnachweis für Schalen; Spezielle Fälle</i> (Buckling of shells – Special cases)**)	
<i>Anpassungsrichtlinie Stahlbau – Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800 Teil 1 bis 4</i> (Code of practice covering the use of DIN 18800-1 to DIN 18800-4)**)	
EAU 1996	
<i>Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen</i> (Recommendations of the Technical Committee Ufereinfassungen), 1996***)	
References to DIN 19704-2 and DIN 19704-3 are to the May 1998 editions, and references to the standards of the DIN 18800 series are to the November 1990 editions.	

3 Documentation

3.1 Steel structures

Documentation as stated in clause 2 of DIN 18800-1 shall be submitted. Drawings shall include information on form and position tolerances.

The client shall specify whether weld inspection plans are required.

Any erection aids to be permanently attached to the steel structures (e.g. for fixing rope shackles) shall be shown in the drawings.

3.2 Machinery

The documentation specified in DIN 18800-1 shall be supplemented by the following:

- a) a descriptive and performance specification;
- b) diagrams showing opening and closing procedures (e.g. force/distance diagrams, and, for hydraulic transmission, the volume flow);
- c) calculations of drive outputs stating motion times, speeds, efficiencies and, for hydraulic transmission, pressures;
- d) a structural analysis;
- e) assembly and detail drawings, and parts lists with details of materials and surface roughness parameters;
- f) material data sheets issued by the manufacturer, or DIN EN 10204 inspection documents if non-standardized materials are used;
- g) technical data sheets or DIN EN 10204 inspection documents for machine components or machinery supplied as standard products (e.g. gears, actuator drives, pumps);
- h) circuit diagrams of hydraulic drives and associated parts lists with designations and details of manufacturer;
- i) documentation as in DIN EN 60204-1 for the electrical equipment;
- j) operating instructions, maintenance schedules, instructions relating to inspection.

It shall be the client's responsibility to specify the types of inspection documents.

**) Obtainable from *Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH*, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf, Germany.

***) Obtainable from *Verlag Ernst & Sohn*, Mühlenstraße 33-34, 13187 Berlin, Germany.

DIN 19704-1 : 2000-00

4 Materials

4.1 Steel structures

The characteristic material values for unalloyed structural steel, cast steel and fasteners shall be taken from DIN 18800-1.

The characteristic values for common stainless steels are given in tables 1 and 2.

When intended to be used in sea or brackish water, stainless steels shall contain at least 2 % molybdenum.

4.2 Seals

4.2.1 Elastomers

The material characteristics of elastomers on the basis of natural rubber (NR), styrene-butadiene rubber (SBR) and chloroprene rubber (CR) shall be taken from table 8 of DIN 19704-2, and those of other elastomers, from manufacturers' data sheets.

4.2.2 Plastics

The material characteristics of polymer materials (e.g. polyamide (PA) and polyethylene (PE)) shall be taken from manufacturers' data sheets.

4.2.3 Timber

In the case of frictionally connected solid timber seals, the stresses occurring under the design actions shall not exceed two-thirds of the reduced design resistances specified for utilization class 3 in DIN V ENV 1995-1-1.

OTE: This reduction takes into account the lower resistance of timber when exposed to water permanently or over prolonged periods.

Table 1: Characteristic values for stainless steels

No.	Designation as in DIN EN 10088-1 to DIN EN 10088-3	Material no.	Maximum product thickness, t , in mm	0,2 % proof stress, $f_{0.2}$, in N/mm ²	Tensile strength, $f_{u,k}$, in N/mm ²	Hardness HBS		Shear modulus, G , in N/mm ²	Mean coefficient of thermal expansion, α_T , in 10 ⁻⁶ K ⁻¹
1	X5CrNi18-10	1.4301	$\leq 75^1)$ $\leq 250^2)$	210 ¹⁾ 190 ²⁾	520 ¹⁾ 500 ²⁾	215 ²⁾	200 000	77 000	16,0
2	X6CrNiTi18-10	1.4541	$\leq 75^1)$ $\leq 250^2)$	200 ¹⁾ 190 ²⁾	500 ¹⁾ 500 ²⁾	215 ²⁾			16,0
3	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	$\leq 75^1)$ $\leq 250^2)$	220 ¹⁾ 200 ²⁾	520 ¹⁾ 500 ²⁾	215 ²⁾			16,5
4	X4CrNiMo16-5-1	1.4418	$\leq 75^3)$ $\leq 250^4)$	680 ³⁾ 550 ⁴⁾	840 ³⁾ 760 ⁴⁾	320 ⁶⁾			10,3
5	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	$\leq 75^1)$ $\leq 160^2)$	460 ¹⁾ 450 ²⁾	640 ¹⁾ 650 ²⁾	270 ²⁾			13,0
6	X17CrNi16-2 ²⁾	1.4057 ²⁾	$\leq 160^5)$	600 ⁵⁾	800 ⁵⁾	295 ⁶⁾	215 000	83 000	10,0

) For hot-rolled steel sheet, plate and strip.

) For semi-finished products, bars and sections.

) For quenched and tempered steel sheet and plate (QT 840).

) For quenched and tempered semi-finished products, bars and sections (QT 760).

) For quenched and tempered semi-finished products, bars and sections (QT 800).

) For annealed semi-finished products, bars and sections.

Table 2: Characteristic values of stainless steel bolts

Steel groups as in ISO 3506	Strength class	Maximum thread size	Yield stress, $f_{y, b, k}$, in N/mm ²	Tensile strength $f_{u, b, k}$, in N/mm ²
	50	M39	210	500
A2 and A4	70	M20	450	700
	80	M20	600	800

4.2.4 Nonferrous metals

The material characteristics of nonferrous metals shall be taken from the relevant standards or manufacturers' data sheets.

4.3 Machinery

The material constants (e.g. the modulus of elasticity) and the characteristic strengths of values for materials used for machine components shall be taken from the relevant material standards (see tables 1 and 2 for stainless steels) or, in the case of non-standardized materials, they shall be taken from manufacturers' data sheets or be covered by inspection documents.

The yield stress, f_y , 0,2 % proof stress, $f_{0,2}$, and tensile strength, f_u , specified shall be assumed to be characteristic values.

The dependence of the material characteristics on the component thickness and, where applicable, on heat treatment or ambient temperatures prevailing at the location of use shall be taken into account.

5 Characteristic values for actions on steel structures

5.1 Permanent actions

The following densities shall be used to determine self-weight:

steel, cast steel, copper alloys:	$\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
aluminium alloys:	$\rho = 2,65 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
plastics:	$\rho = 1,45 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
timber:	$\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Unless a more accurate analysis is made, coatings, any adhering water, adhering ice, vegetation and dirt shall be taken into account by adding an allowance of 10 % of the self-weight of the gate.

5.2 Variable actions

5.2.1 Hydrostatic actions

When determining the rated water level (to be specified by the client), wind set-up may need to be taken into account.

The following densities of freshwater and seawater shall be applied:

freshwater:	$\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
seawater:	$\rho = 1,04 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Uplift shall be taken into account for all parts submerged in the water.

5.2.2 Hydrodynamic actions

The following actions shall be taken into account, details of which shall be provided by the client:

- overflow or underflow at the gate;
- swell and suction;
- pressure surges;
- wave pressure on gates in inland waters;
- wave pressure on gates in coastal waters*) (due to reflecting, breaking or broken waves);
- effect of propeller wash from ships.

Items b), d) and e) may be taken into account by assuming a different hydrostatic water pressure.

The actions may be determined by means of model tests.

5.2.3 Water load

The water load resulting from the displacement of water caused by a moving gate or water loads in action during lifting of a gate shall be taken into account.

5.2.4 Ice load

The exposed part of an ice block on or within the gate shall be treated as acting vertically. The magnitude and frequency of occurrence shall be specified by the client.

The density of ice, ρ , may be taken as $0,70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

5.2.5 Ice pressure

Unless more detailed data are available, ice pressure, including ice impact, shall be assumed to act in addition to the static water pressure. This pressure shall be taken to be an area load, p_E , acting in horizontal direction, and shall be taken to be 150 kN/m^2 in inland areas and 250 kN/m^2 in coastal areas.

*) For the purposes of this standard, coastal waters cover the entire German North Sea and Baltic Sea coast, including the islands, mouths of rivers and firths.

DIN 19704-1 : 2000-00

In inland areas, a minimum ice thickness, h_E , equal to 0,3 m shall be assumed. In coastal areas, ice thicknesses can vary between 0,5 m (moderate) and 0,8 m (substantial). The ice thickness to be assumed shall be specified by the client. The ice pressure shall be assumed to act in relation to the ice thickness below the water level as shown in figure 1.

The ice pressure acting on a sloping skin plate shall be determined in accordance with figure 2, using a friction coefficient, μ , of 0,1.

On no account shall these loads be reduced, even where anti-icing facilities such as heaters or similar equipment are provided.

For the sake of convenience when calculating the steel structure forming the gate, the ice pressure may be taken as a line load, $p_E \cdot h_E$, acting at water level.

When designing the skin plates and their stiffeners, the surface load due to ice pressure may be reduced by half if twice the ice thickness is assumed.

In the case of inspection gates, it shall be the responsibility of the client to specify whether ice pressure needs to be taken into account, and if so, its magnitude.

When checking the skin plate of gates with underflow for adequate local stiffness, a horizontal line load of 0 kN/m shall be assumed to act at the bottom edge, irrespective of the water pressure.

2.6 Imposed loads

For walkways, a load of 2,5 kN/m² and for handrails a load of 0,5 kN/m at rail height shall be assumed. Imposed loads shall be taken from DIN 1072 where traffic over the gate is to be taken into consideration (e.g. where the gate is of the sliding type).

Imposed loads for covers of pits, channels etc. shall be specified by the client.

2.7 Forces due to inertia

Where acceleration rates referred to the centroid of the gate are less than 0,5 m/s², forces due to inertia of the gate may be neglected.

This does not apply to slewable gates with rigidly connected counterweights.

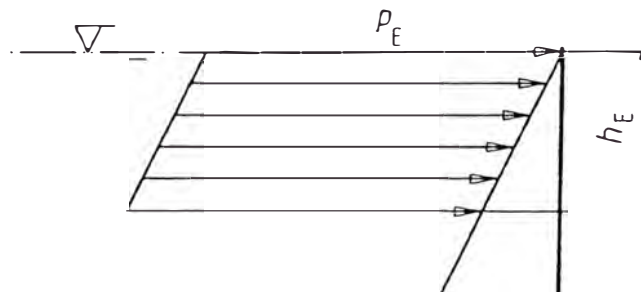


Figure 1: Application of ice pressure on a vertical skin plate

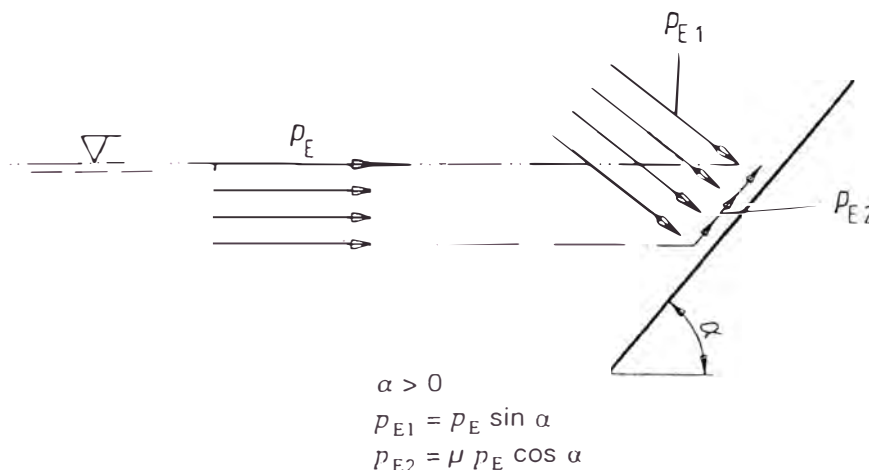


Figure 2: Ice pressure acting on a sloping skin plate

5.2.8 Changes in support conditions

Where the support conditions for gates are statically indeterminate, the influence of fabrication and erection inaccuracies shall be taken into account (see subclause 5.2 of DIN 19704-2).

Changes in the support conditions shall be taken into account by considering the settlement and deformation likely to occur in the foundations, the appropriate values for which are to be specified by the client.

Uneven settlement and deformation shall be minimized by selecting a suitable system for the solid structure and its foundation. The gate system shall be selected with the anticipated deformations in mind.

5.2.9 Thermal effects

The following temperature fluctuations (uniformly present over the surface of the gate) shall be assumed:

- a) gates temporarily lifted out of water in their entirety or substantially: ± 35 K;
- b) gates in contact with water on one side: ± 20 K;
- c) gates partially in contact with water on both sides: ± 20 K;
- d) completely submerged gates: ± 10 K.

In addition, for cases a) and b) a temperature gradient of 30 K across the thickness of the gate leaf shall be assumed.

Uniform temperature fluctuations shall only be considered together with temperature gradients if this would have an unfavourable effect on the gate.

5.2.10 Ship friction

Provided local conditions do not impose different assumptions, a horizontal load of 100 kN shall be used to take into account ship friction (e.g. on opened mitre gates and ship basins) at the water line, perpendicular to the direction of travel and, simultaneously, a horizontal load of 50 kN in the direction of travel.

In the case of other hydraulic steel structures, it shall be the responsibility of the client to specify whether loads are to include ship friction, and if so, in what magnitude.

5.2.11 Ship impact

If ship impact needs to be taken into account at lock and ship lift gates, impact protection facilities, which are not to be attached to the gate, shall be provided for absorbing this impact. Load assumptions for impact protection facilities shall be taken from DIN 19703.

5.2.12 Wind load

Wind load need not be considered when calculating gate structures. To determine the driving forces and enable design of the appropriate machinery (see clause 8), the assumptions from DIN 1055-4 shall be used for wind load acting on the gate.

The wind load, W , shall be the product of the aerodynamic force coefficient, c_f , the hydrodynamic pressure, q , and the projection surface of the gate normal to the wind direction, A (i.e. $W = c_f \cdot q \cdot A$). Where gates are exposed to wind above the level of the ground, c_f shall be taken to be as specified in subclause 1.3. For gates which are protected against wind beneath the level of the ground (e.g. lock chambers), c_f shall be taken to be 0,5. It shall be the responsibility of the client to specify the relevant hydrodynamic pressure.

Wind effects on portals or similar structures shall be determined using the load assumptions from DIN 1055-4.

5.2.13 Tow-rope pulling forces on bollards

Tow-rope pulling forces on bollards for inland waterway vessels shall be taken from DIN 19703. For sea vessels, the tow-rope pulling forces on bollards shall be taken from Recommendation E12 of EAU 1996.

5.2.14 Pressure of fresh concrete

The pressure of fresh concrete on embedded parts shall be taken into account as specified in DIN 18218.

5.3 Accidental actions

5.3.1 Leaking of air chambers

Any leaking of air chambers shall be taken into account. Where there is more than one air chamber, leaking of two adjacent air chambers at the most unfavourable places shall be assumed. It shall be the responsibility of the client to specify whether the operation of the lock is to be continued in the case of leakage or whether a single movement of the gate to a repair position is to be assumed.

5.3.2 Transport, erection and repair

Any actions due to transport, erection and repair shall be considered (this also includes pressure testing of hollow bodies at a test pressure of at least 0,3 bar).

5.4 Other action

5.4.1 Gates with double-acting drive

It shall be the responsibility of the client to specify the load situation to be assumed (see table 5) for cases when a gate with double-acting drive fails and the gate requires still to be moved, and which of the following modes applies:

IN 19704-1 : 2000-00

- a) gate movement is to be stopped, followed by a movement of the gate to repair position;
- b) the gate is temporarily driven from one side only.

4.2 Blockage by foreign bodies

blockage of the gate by foreign bodies (e.g. entrapped flotsam, bedload, freezing up) is to be taken into account, it shall be the responsibility of the client to specify the load case as in table 5.

OTE: The design does not in all cases preclude local damage to the gate.

5 Accidental action of a drive in the case of a malfunction

When the drive operates in abnormal conditions (e.g. when the gate is blocked as a result of jamming or freezing up), the maximum drive forces or torques acting on the gate shall be based on the assumptions made in clause 8 and subclause 9.3 and using load case 3 as in table 5.

Friction

1 General

The frictional forces and moments acting on the steel structures and machinery shall be determined using the friction coefficients below. If other friction coefficients are to be used, these shall be of proven suitability or shall be subject to agreement.

In subclauses 6.2 to 6.4.3, the maximum values shall be applied if frictional forces or moments have an adverse effect, and the minimum values if their effect is favourable. Intermediate values shall not be used.

Where gates are to be lowered for closing without the aid of a mechanical drive, it shall be ensured that this can be done safely by increasing by 25 % the frictional forces determined using the maximum friction coefficients.

2 Sliding friction

Tables 3 and 4 specify friction coefficients for speeds up to approximately 50 mm/s, table 3 gives those for steel structures (e.g. sliding gates and slide tracks) with a high surface roughness (i.e. where the arithmetical mean deviation of the profile, R_a , (cf. ISO 4006) is between 3 μm and 15 μm), and table 4 gives the friction coefficients for machine components (e.g. spherical plain radial bearings, pivot bearings, pivot bearings and sprocket chains) of low surface roughness (i.e. with an R_a value between 0,1 μm and 0,8 μm), and for mitre brackets.

The effect of sliding friction (or rolling friction; cf. subclause 6.4) on shaft bearings, gears, etc. may be established by using their efficiencies, i.e. without applying table 4.

3 Static friction

Static friction shall be taken into account if it has an adverse effect. The static friction coefficients, μ_0 , may be calculated by multiplying the μ values with the μ_0/μ ratios from tables 3 and 4.

4 Rolling friction

4.1 Rolling bearings

A friction coefficient, μ_i , equal to 0,003 shall be applied for rolling bearings.

OTE: This (notional) friction coefficient can be used to calculate the rolling friction moment referred to the mean radius of the pitch circle, r_m , by means of the equation $M = F \cdot \mu_i \cdot r_m$ (F being the wheel load).

Table 3: Friction coefficients for steel structures

Material combination	Sliding friction coefficient, μ (wet)		μ_0/μ ratio
	Minimum	Maximum	
Steel/steel	0,20	0,35	1,1
Steel/copper alloy	0,18	0,30	1,1
Stainless steel/polyamide (PA6G + PE)	0,15	0,25	1,2
Stainless steel/polyethylene (PE-UHMW)	0,10	0,20	1,2
Steel/elastomer (of hardness about 50 to 70 Shore A)	0,80	1,00	1,0
Steel/elastomer with PTFE coating	0,10	0,10	1,0

The μ_0 value for steel/concrete is equal to 0,4.

Table 4: Friction coefficients for machinery

Material combination	Sliding friction coefficient, μ						μ_o/μ ratio
	Dry		Wet		Lubricated		
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	
Steel/steel	0,10	0,15	0,10	0,15	0,02	0,05	1,1
Steel/copper alloy	0,10	0,15	0,10	0,15	0,02	0,05	1,1
Stainless steel/ self-lubricating copper alloy	0,12	0,15	0,08	0,10	-		1,0

6.4.2 Wheels on rails

The rolling friction coefficient, μ_{roll} , shall be obtained by calculating f/R (where R is the radius of the wheel and f is the lever arm of the rolling friction), with f equal to 0,5 mm for steel with a Brinell hardness of not more than 150 HBS and 0,2 mm for steel with a Brinell hardness of not less than 300 HBS. Intermediate values may be determined by linear interpolation.

6.4.3 Wheel flange friction

For wheels with a flange, a flange friction equal to 1/100 of the wheel load shall be taken into account when it has an adverse effect.

7 Analysis of steel structures

7.1 Scope of analyses

Analyses of the steel structures at ultimate and serviceability limit state, and an analysis of their positional stability (including safety against uplift and capsizing) shall be provided. The serviceability limit state analysis mainly deals with deformations with a view to ensuring the movability and sealing function of gates and the reliability of drives.

7.2 Analysis of effects of actions

The design values of effects of actions shall be determined using the characteristic values of actions as set out in clause 5 for the load cases to be specified by the client. Design shall take into account friction as set out in clause 6, by using partial safety factors γ_F and, where more than one variable action occurs, coefficients ψ .

Partial safety factors and coefficients shall be taken from:

- table 5 for ultimate limit state analyses (with the exception of fatigue assessments);
- subclause 7.5.4 for fatigue assessments (cf. table 5);
- subclause 7.6 for serviceability limit state analyses.

If specified by the client, accidental hydrostatic and hydrodynamic actions may also be classified as load case 2.

If hydrostatic and hydrodynamic actions that make a load contribution are present at the same time as such that result in load reduction, both shall be multiplied by the same γ or ψ value.

The design values of actions from drives on the steel structure in the case of a malfunction shall be multiplied by γ_F from table 6. For permanent actions resulting in load reduction (e.g. from counterweights), both γ_F and ψ shall be taken as equal to unity.

To take into account impact from ships on impact protection facilities as set out in subclause 5.2.11 and for tow-rope pulling forces on bollards as set out in subclause 5.2.13, γ_F shall be taken as equal to 1,5 and ψ equal to unity.

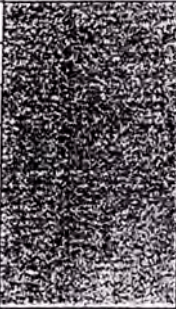
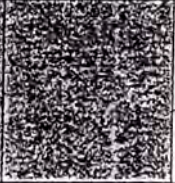
NOTE: γ_F can be derived from the following equation:

$$\gamma_F = \gamma_{f,sys} \quad (\text{see item (305) of DIN 18800-1}).$$

7.3 Analysis of resistances

Resistances shall be obtained using resistance values and the partial safety factor γ_M as set out in subclause 7.3 of DIN 18800-1.

Table 5: Partial safety factors and coefficients for ultimate limit state analysis of steel structures (excluding fatigue assessment)

No.	Category of action	Type of action	As in	Basic load cases		Accidental load cases ¹⁾²⁾³⁾
				1	2	
1	Permanent	Permanent actions	5.1	$\gamma_F = 1,35, \psi = 1,0$		
2	Variable	Hydrostatic actions	5.2.1	$\gamma_F = 1,35$ $\psi = 1,0$	$\gamma_F = 1,35$ $\psi = 0,9$	$\gamma_F = 1,35$ $\psi = 0,8$
3		Hydrodynamic actions	5.2.2			
4		Water load	5.2.3			
5		Ice load	5.2.4			
6		Imposed load	5.2.6			
7		Forces due to inertia	5.2.7			
8		Changes in support conditions	5.2.8			
9		Ice pressure	5.2.5			
0		Thermal effects	5.2.9			
1		Ship friction	5.2.10			
2	Accidental	Leaking of air chambers	5.3.1			γ_F as in table 6 $\psi = 1,0$
3		Actions under transport, erection and repair conditions	5.3.2			
4		Actions of the drive in the case of a malfunction	5.5			

) Variable actions specified by the client as occurring simultaneously shall only be taken into account if they are likely to coincide.
) Accidental actions shall be considered separately.
) Other actions may be specified by the client (see subclause 5.4).

4 Procedure

Steel structures comprising the gates shall be designed by elastic theory, using the elastic-elastic method specified in DIN 18800-1.

When continuous skin plates to resist edge moments, a higher loadbearing capacity may be assumed making use of the plastic reserves, if bending due to local loading (apart from that occurring in skin plates as result of concurrent action of stresses in the steel structure forming the gate), is taken into account, and if there are only pulsating stresses. The equivalent stress due to multi-axial loading, σ_v , may in this case exceed the design yield stress, $f_{y,d}$, by 20 % on the surface of the skin plate.

NOTE: It should be noted that in some cases (e.g. where gates operate both ways), the stresses occurring at skin plates may be alternating instead of pulsating.

5 Ultimate limit state analysis

5.1 General

In general, subclauses 7.5 and 7.6 of DIN 18800-1 shall apply unless other provisions are made below.

Reference shall be made to DIN 18809 where gates are to bear the load of vehicular traffic passing over them.

5.2 Stability analysis

Stability analysis shall be carried out as specified in DIN 18800-2, DIN 18800-3, DIN 18800-4 and *DAST-richtlinie* 017 for the load cases specified in subclause 7.2.

The stability of plates subject to concurrent compression from the steel structure forming the gate and bending due to local loads (e.g. skin plates) shall be verified as specified in item (802) of DIN 18800-3.

5.3 Analysis of positional stability

Positional stability shall be verified for all load cases specified in subclause 7.2.

Positional stability shall be at least 1,5 when the characteristic values of actions are applied. A partial safety factor equal to unity shall be used for permanent actions resulting in a load reduction.

Verification of safety against uplift shall be made. It shall be ensured that floating gates will not capsize or sink. It shall be the responsibility of the client to specify the maximum angle at which the gate will be permitted to rotate in the longitudinal and transverse directions.

7.5.4 Fatigue assessment

7.5.4.1 General

Fatigue assessment shall be to clause 9 of DIN V ENV 1993-1-1 for load case 1 from table 5, but taking into account the partial safety factors from subclause 7.5.4.2. Other specifications may be used for detail categories not dealt with in that standard. Appendix A shall be taken as a basis for determining collective stresses.

Dynamic effects shall only be taken into account if they result in a change in collective stresses.

Unless otherwise stated by the client, a service life of 70 years shall be assumed.

7.5.4.2 Partial safety factors

A partial safety factor, γ_{FF} , equal to unity shall be applied to take into account fatigue action.

A partial safety factor, γ_{MF} , equal to 1,35 shall be applied to take into account fatigue resistance. This may be reduced to 1,15 when calculating the design value of fatigue strength for pulsating compressive stresses in skin plates.

7.6 Serviceability limit state analysis

7.6.1 General

Serviceability limit state analyses shall be made using partial safety factors γ_F and γ_M , and coefficient, ψ , all equal to unity.

7.6.2 Deformations

Where the sealing performance, movability and support conditions of structures are liable to be affected by deformations of the structure, it shall be verified that such deformations are within the permissible limits to maintain the sealing performance and movability of the structure and ensure the proper operation of machinery. Analysis of deformations may be based on the cross-sectional values of gross cross sections.

7.6.3 Closing pressure

The closing pressure on flat bottom seals shall be obtained from the resultant of all vertical forces, with the sealing line being the underflow edge of the seal. The closing pressure along the seal shall be at least 5 kN/m.

7.7 Further provisions

7.7.1 Beams with wide flanges

When determining the stresses in wide flanges of straight or circular arched plate beams, shear lag shall be taken into account using elastic theory.

When introducing a normal force, it may be assumed that the flange makes a full contribution outside the area of load transmission. Within the area of load transmission, the stress may be determined assuming the load to be transmitted at an angle of 45° to both sides of the line of action (cf. figure 3).

NOTE: Large normal forces are withstood by elements such as the thrust bars of mitre gates. Such elements need to be designed separately for normal loads and bending.

7.7.2 Design of plates in bending

The internal forces and moments occurring in plates as a result of bending due to water pressure shall be calculated by elastic theory, assuming rigid support (cf. subclauses 7.4 and 7.5.2).

7.7.3 Cut-outs in plates

Fatigue assessment shall take into consideration the higher stresses at the edges of cut-outs (e.g. manholes, drainage holes).

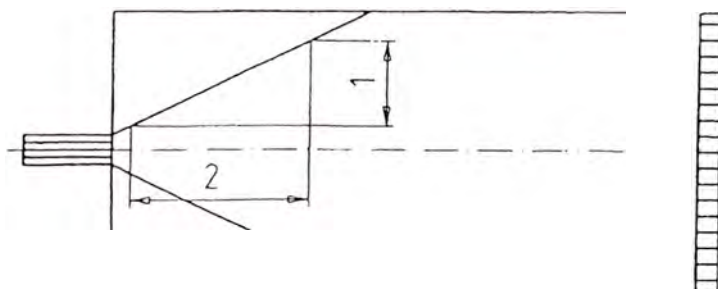


Figure 3: Effective flange area under normal loading

7.4 Rails

stress analysis shall be made of rails and rail supports (sleepers) (see figure 4), based on the assumption that these make a major loadbearing contribution. To this end, calculations shall assume a beam on an elastic foundation, using a bedding modulus, C , of 250 N/mm^3 .

clause 10.22 shall be used when verifying Hertzian pressures.

Unless verified otherwise, the minimum thickness of block rails (rails of rectangular cross section), h_1 , shall be equal to $8b$ if the rail is directly supported on concrete, and $3b$ if the rail is supported on steel embedded in the concrete, with b as in subclause 10.22.

With the exception of guide rails, the minimum distance of the rail or the sleeper from the concrete side face, shall be 120 mm (see figure 4). It may be reduced if a steel cladding is fitted on the concrete surface, and this is sufficiently anchored by reinforcing bars in the y direction.

The maximum concrete compression under a rail or under the flange of the sleeper shall be calculated as follows:

$$2x p_{\text{Concrete}} = F_d / A_{c0} \quad (1)$$

shall then be compared with the resistance of the concrete as set out in subclause 5.4.8.1. of DIN V ENV 1992-1-1. The following notation is used:

- design wheel load (cf. subclause 9.3);
- $= 4 \cdot (a + a') (b + b')$, notional concrete area in compression, as in figure 4;
- b semiaxes of the elliptic contact face between the crowned roller and the rail surface, as specified in subclause 10.22;
- $= c$, with $a' \leq h$;
- $= h$;
- $= h_1 + h_2$;
- smallest distance of elliptic contact face from rail edge.

The calculation, A_{c0} may be replaced by a circular area of the same size if its ratio of side lengths is not greater than 2 : 1.

The concrete used shall normally be of strength class C25/30 to DIN V ENV 1992-1-1.

With due regard to pulsating compressive loading, the design value of the cylinder compressive strength of

concrete shall be utilized with $\left(1 - \frac{\log N}{12}\right) \cdot 100 \%$ for $N \leq 10^6$ and with $\left(\frac{11}{16} - \frac{\log N}{32}\right) \cdot 100 \%$ for $N > 10^6$,

being the number of rolling contacts.

Characteristic values for actions on machinery

1 General

For the design of machine components, gates shall be assumed to be in their most unfavourable position, taking into account the same load cases as for the steel structure (cf. table 5). Gates can be assumed to be at rest or moving (at constant, accelerating or decelerating speed).

It shall be verified that, assuming the highest possible loads transmitted on the drive side (see subclauses 5.4.2 and 5.5), the values of actions do not exceed the resistances of the machine components and the steel structure forming the gate.

Determining drive forces

The characteristic values of loads or moments as a result of the following shall be determined:

- a) actions on the steel structure as set out in subclauses 5.1, 5.2.1 to 5.2.5, 5.2.12, and (where applicable) subclauses 5.3 and 5.4;
- b) self-weight of the connecting elements between drive and gate and self-weight of the rollers and guideways;
- c) friction from rolling equipment and guideways, as set out in clause 6;
- d) friction as in table 3;
- e) friction of sprocket chains, pinion drives, rope drives and hinges;
- f) forces due to inertia (see subclause 5.2.7);
- g) any non-uniform distribution of loads in the case of gates with double-acting drives, and in particular gates of high torsional stiffness with a horizontal axis of rotation.

In the case of electromechanical drives, determination of mass forces shall be based on the assumption of motor and braking torques as in service. If required, the effects of auxiliary equipment that may limit torques (e.g. start-up couplings, frequency converters, thyristor controllers and overload protection devices), and the effects of emergency cut-offs and power loss shall also be taken into account.

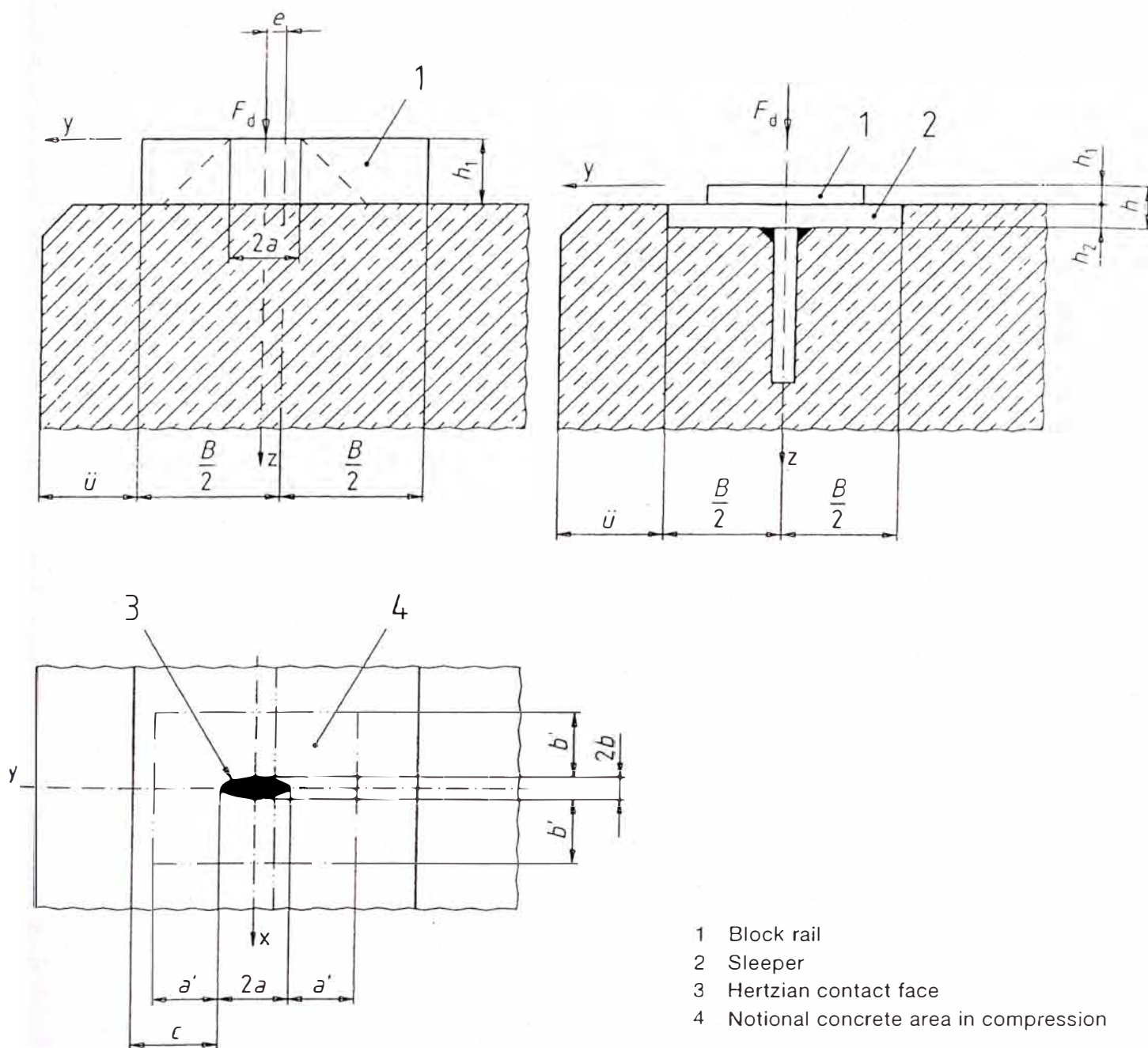


Figure 4: Rails (notation)

In the case of hydraulic drives, the forces due to inertia may be ignored when designing machine components (given the presence of pressure-relief valves).

It shall be the responsibility of the client to specify any braking distances or braking times to be considered.

8.3 Drive power

The drive power required shall be determined on the basis of the motion times of the gate as specified by the client and the characteristic values of actions taken from subclause 8.2. Generally accepted values shall be used for efficiencies and frictional losses of machine components (references to the relevant literature being provided).

On the basis of the values required for the drive power, torque and force, the nominal motor torque of electro-mechanical drives or, for hydraulic drives (hydraulic cylinders, hydraulic pumps, hydraulic motors), design operating pressures as in subclause 8.5, shall be used.

In the case of electric motors controlled by frequency converters, the nominal motor torque selected shall be at least 5 % greater than the required drive torque.

In the case of hydraulic drives, the design operating pressure in the system, $p_{B,sys}$, (cf. subclause 8.5.2.2) shall be increased by at least 5 % when determining the electric motors to be selected.

Manually operated drives shall be designed so that the continuous power does not exceed 80 Nm/s. The manual force should not exceed 80 N to 100 N per person, and 250 N over the short term.

4.4 Characteristic values of maximum transmitted forces

The actions of drives such as the stalling torque of the motor, the braking torque or the set values of pressure-relief valves (to be secured by sealing) in hydraulic systems shall be considered as controlled variable actions. These shall be included in the design calculations as characteristic values of the maximum forces transmitted. The reaction to these forces shall be analysed for all essential machine components requiring ultimate state analysis (excluding fatigue assessment), comprising the connection with the steel structure forming the gate; if required, up to its supports (see clause 9).

Where electromechanical drives with overload protection or electric motors controlled by frequency converters are used, the highest torque that can be set (i.e. the maximum drive torque) may be used instead of the stalling torque in the ultimate state analysis (excluding fatigue assessment) of the machine components.

Instead of the highest theoretical torque, the torque actually set may also be used in the ultimate state analysis, this is maintained by sealing and cannot be exceeded during installation, repair or maintenance work. The torque set should be at least 25 % higher than the required drive torque as in subclause 8.3.

In cases where the drives of gates with double-acting drive are electrically or mechanically synchronized, the maximum possible imbalance of drive forces shall be taken into account.

5 Hydraulic drives

5.1 Basis of calculation

The following provisions apply to drive systems using hydraulic cylinders or hydraulic motors.

When considering service conditions (movement or halting of the gate), the determination of the design operating pressures, p_B , shall be based on the characteristic values of permanent and variable actions as in subclause 8.2.

The drive system shall shut down automatically if accidental actions as set out in subclause 5.3 or 5.5 occur while the gate is moving.

It is necessary to take into account accidental actions as in subclause 5.3, or other actions as in subclause 4 (to be specified by the client), as a result of which the hydraulic cylinder or motor is subject to stresses higher than those occurring during operation, the associated static pressure, p_{stat} (see subclause 8.5.3) shall be determined to supplement the ultimate state limit analysis (excluding fatigue assessment) for the 'halting of the gate' load case.

5.2 Determining design operating pressures

A distinction shall be made between the design operating pressures in the hydraulic cylinder or motor and those elsewhere in the system (see subclauses 8.5.2.1 and 8.5.2.2).

5.2.1 Design operating pressure in the hydraulic cylinder or motor

Pressure in hydraulic cylinders or motors is composed of the following components:

- Pressure component 1, i.e. the oil pressure acting on the effective area of the piston, obtained from the characteristic values of actions and, where applicable, the self-weight of the cylinder barrel or the piston rod. If, in the case of double-acting hydraulic cylinders, both pistons are subjected alternately to pressure, the design operating pressure shall be determined for both pistons.
- Pressure component 2, i.e. any existing loading or supply pressures acting on the rear effective area of the piston (pressure increase or reduction). If the direction of action changes during a movement, the pistons shall be hydraulically pressurized on either side.
- Pressure component 3, i.e. losses due to friction caused by seals and guideways in the hydraulic cylinder.
- Pressure component 4, i.e. pressure losses in the pipework and manifolds, caused by oil returning to the reservoir.

The sum of pressure components 1 to 4 gives the design operating pressure in the hydraulic cylinder or motor, and the corresponding value at which the pressure-relief valve DV1 (see figure 5) is required to be set (the actual pressure setting, $max p_B$, being 10 % higher, i.e. $max p_B = 1,1 \cdot p_B$ (2)) and is to be sealed).

The design operating pressure in the hydraulic motor shall be determined as the ratio of the required drive torque to the torque of the hydraulic motor related to the pressure.

5.2.2 Design operating pressure elsewhere in the system

In addition to pressure components 1 to 4, the following shall be taken into account.

- Pressure component 5, i.e. pressure losses in the pipework on the pressure side.
- Pressure component 6, i.e. pressure losses in open and closed loop control equipment, and in control blocks.

Pressure components 4, 5 and 6 shall be determined with an oil viscosity at the lowest anticipated ambient temperature, which, in the open, will generally be $-25 \text{ }^\circ\text{C}$.

The sum of pressure components 1 to 6 gives the design operating pressure elsewhere in the system, $p_{B, sys}$, and the corresponding value at which pressure-relief valve DV2 is required to be set (the actual setting being 10 % higher, i.e. $max p_{B, sys} = 1,1 \cdot p_{B, sys}$ (3)) and is to be sealed).

8.5.3 Determining static pressure in the hydraulic cylinder or motor

When considering the 'halting of the gate' load case, static pressure in the hydraulic cylinder, $p_{stat, cyl}$, is made up of pressure component 1 and, in some cases, pressure component 2 (cf. subclause 8.5.2.1). Other pressure components may be ignored.

The pressure increase in the hydraulic cylinder or motor in the accidental load case shall be limited by installation of a pressure-relief valve (DV3), set at a value, $max p_{stat, cyl}$ equal to $1,1 \cdot p_{stat, cyl}$ (4).

8.5.4 Oil pressure limit values

8.5.4.1 Limit values in normal operation

Hydraulic drives shall be designed so that the values at which pressure-relief valves DV1 and DV2 are set, $max p_B$ and $max p_{B, sys}$ respectively, do not exceed 250 bar.

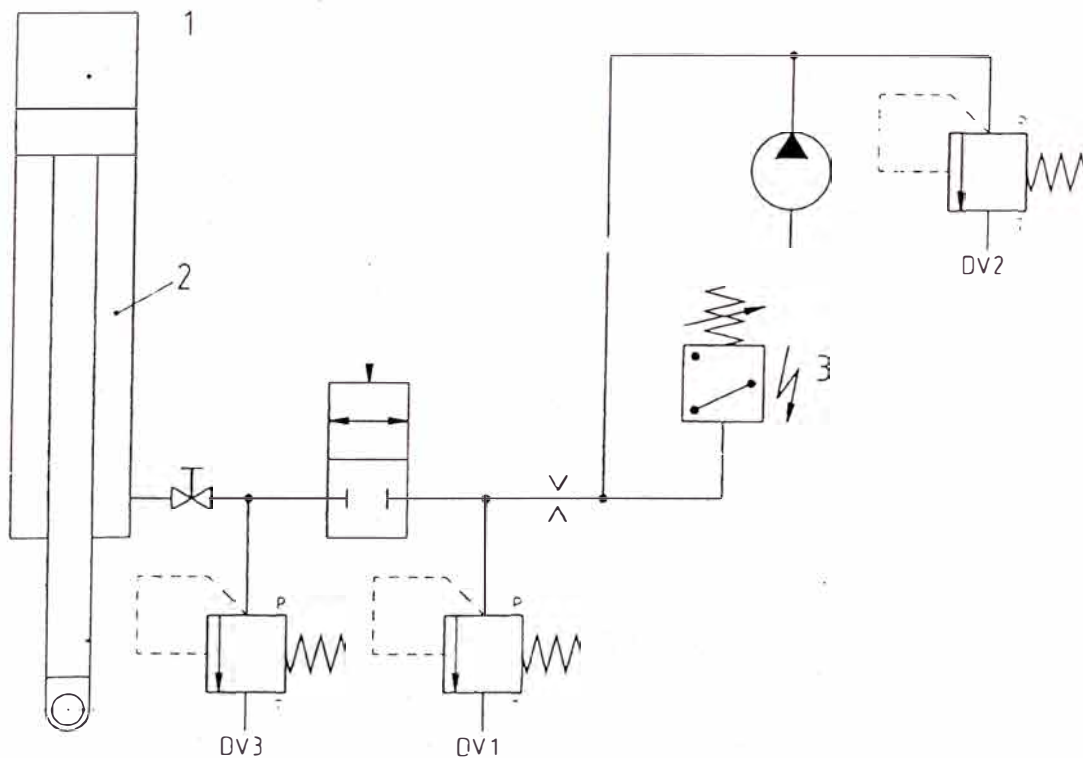
The proof pressure, p_{proof} , shall be not less than $1,3 \cdot max p_{B, sys}$ (5), with a maximum of 325 bar.

8.5.4.2 Limit values in the case of a malfunction

The value at which valve DV3, to be mounted to the hydraulic cylinder or motor, is to be set shall not exceed 300 bar. For accidental load cases, valve DV1 does not become operative.

8.5.5 Pressure limiter

Where a pressure limiter with electrical pressure release is provided, it shall be set at a response value, $p_{ü}$, equal to $0,95 \cdot max p_B$ (6), where $max p_B$ is the set value of valve DV1 as in subclause 8.5.2.1.



- 1 Piston chamber, unpressurized
- 2 Piston chamber, pressurized
- 3 Electrical pressure limiter
- P Pressure side
- T To reservoir

Figure 5: Location of pressure-relief valves on a single-acting single rod cylinder (example)

Analysis of machinery

1 General

The design of machinery shall bear in mind the need for adequate loadbearing capacity, fatigue strength, reliability and low wear, taking into account the requirements relating to design and fabrication as in DIN 19704-2 and electrical equipment as in DIN 19704-3.

Machine components shall be designed by elastic theory.

2 Scope of analyses

Ultimate limit state analysis (including stress analysis for static loading, stability analysis and fatigue assessment) is required for loadbearing machine components and their fasteners. As a rule, ultimate limit state analysis also to include serviceability limit state analysis.

Special machine components (e.g. gear wheels and chain joints) may need to be designed taking into account warpage, dimensional stability (e.g. for long shafts), resistance to fracture (e.g. for rope drives) or stability (e.g. for hydraulic cylinders, pinions and linkage).

3 Analysis of effects of actions

Ultimate limit state analysis (excluding fatigue assessment) of the machine components contained in mechanical, hydraulic, emergency and manual drives, stresses shall be determined on the basis of the design effects of actions.

Design characteristic values of the maximum forces transmitted (cf. subclause 8.4) multiplied by the partial safety factors, γ_F , from table 6 design values shall be taken as the design values.

Each of the actions listed in table 6 shall be considered separately assuming ψ equal to unity.

For all machine components not subject to direct loading from the drives (e.g. wheels, guide rollers, dogs, gears, pivot bearings and locking mechanisms), ultimate limit state analysis shall be carried out based on the design values of the same actions and load cases as are required in the analysis of steel structures. Since the most unfavourable values thus obtained already include factor γ_F and coefficient ψ from table 5, they can be used as the design effects of actions.

For design values of the actions on lateral guides (wheels, rollers, skids and their springs) specified in subclause 9.1 of DIN 19704-2 result from the requirement that lateral guides have to hold or reset the gate to its specified position (in which case hydrostatic and hydrodynamic actions on the skin plate and friction on bottom rollers may be neglected). For each wheel, roller or skid, at least 5 % of the design value of the permanent load on the gate, but not less than 10 kN, should be assumed.

4 Calculation of resistances

Calculation of resistances of machine components shall be based on the data from subclause 4.3.

Design values of the yield stress, $f_{y,d}$, or the 0,2 % proof stress, $f_{0,2,d}$, shall be taken as the resistance, where $f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M$ (7) and $f_{0,2,d} = f_{0,2,k}/\gamma_M$ (8), assuming a value of 1,5 for γ_M .

With the exception of high-strength bolts, the yield stress or 0,2 % proof stress used in the calculations shall not exceed 70 % of the tensile strength.

Table 6: Partial safety factors, γ_F , for actions of drives

Type of action	γ_F
Drive torque of mechanical drives, limited by auxiliary equipment ¹⁾	1,35
Braking torque during operation	1,35
Design operating pressure in the hydraulic system for service conditions, related to the set values of valves DV1 and DV2	1,35
Drive torques of emergency and manual drives	1,35
Motor stalling torque	1,10
Braking torque in an emergency stop or accidental action (e.g. power loss)	1,10
Maximum operating pressure in the hydraulic cylinder or motor in the case of an accidental action, related to the set value of valve DV3	1,10

See subclause 8.2.

9.5 Ultimate limit state analysis

9.5.1 Analysis of stresses under static loading

A stress analysis of machine components under static loading conditions shall be provided.

It shall be verified that the stresses, assuming the design values of the actions specified in subclause 9.3, do not exceed $f_{y,d}$ or $f_{0,2,d}$ as in subclause 9.4, ignoring local peak stresses as a result of impact.

In the analysis of mechanical and hydraulic drives, the product of γ_F and γ_M (cf. subclauses 9.3 and 9.4) may be reduced by 10 % for static loads when considering accidental load cases.

9.5.2 Stability analysis

When analysing the stability of machine components, DIN 18800-2, DIN 18800-3 and DIN 18800-4 shall apply by analogy, using partial safety factors, γ_F , as in subclause 9.3 and calculating the resistance capacity using a γ_M value of 1,5.

9.5.3 Fatigue assessment

9.5.3.1 General

For machine components made of steel, it shall be verified that the fatigue strength is sufficient to accommodate loads from the actions specified in subclause 8.2, that are anticipated to occur during normal operation.

The service life of machine components and their electrical equipment, with the exception of parts subject to wear (e.g. ropes and bushes of sprocket chains), shall be assumed to be 35 years, and the anticipated collective stress shall be taken into account for the fatigue assessment.

The service life of parts subject to wear may be specified by the client.

The collective stress for rotating machine components shall be determined taking into account the number of stress cycles (number of revolutions).

A fatigue assessment is not required where the total number of stress cycles is 10^4 or less.

The fatigue assessment shall include the amplitudes of longitudinal stress, $\Delta\sigma$, and of shear stress, $\Delta\tau$, to be calculated from the nominal stresses as in subclause 9.5.3.3 or from the notch stresses as in subclause 9.5.3.4.

When calculating stress amplitudes, the reactions to loads or moments (as in subclause 8.2) shall be determined for all essential machine components, starting with the motor, and their connections, and these taken as design values.

In the calculation, a damage-equivalent constant stress amplitude may be substituted for variable stress amplitudes.

For fatigue assessment, actions of the drives shall be assigned a partial safety factor, γ_{Ff} , equal to unity. The same factor shall be used in the fatigue assessment of machine components that are not subject to direct loading from the drives (see subclause 9.3).

9.5.3.2 Fatigue strength

The design values of fatigue strength (i.e. the acceptable stress amplitudes) shall be obtained as follows:

$$\Delta\sigma_{R,d} = \Delta\sigma_{R,k} / \gamma_{Mf} \quad (9)$$

$$\Delta\tau_{R,d} = \Delta\tau_{R,k} / \gamma_{Mf} \quad (10)$$

where $\Delta\sigma_{R,k}$ and $\Delta\tau_{R,k}$ are the characteristic values of fatigue strength and γ_{Mf} shall be taken to be equal to 1,35.

9.5.3.3 Analysis based on nominal stress amplitudes

The difference between the maximum and minimum nominal stresses shall be taken as stress amplitudes $\Delta\sigma$ and $\Delta\tau$ (calculated according to elastic theory, ignoring any notch effect) at the relevant point of the cross section under consideration.

Fatigue assessment may be omitted if either

$$\Delta\sigma \leq 26 / \gamma_{Mf} \text{ and } \Delta\tau \leq 36 / \gamma_{Mf} \quad (11)$$

or

$$N \leq 5 \cdot 10^6 \cdot [26 / (\gamma_{Mf} \cdot \Delta\sigma)]^3 \text{ or } N \leq 10^8 \cdot [36 / (\gamma_{Mf} \cdot \Delta\tau)]^5, \quad (12)$$

with $\Delta\sigma$ and $\Delta\tau$ in N/mm.

Otherwise, it shall be verified that $\Delta\sigma$ and $\Delta\tau$ do not exceed the $\Delta\sigma_{R,d}$ and $\Delta\tau_{R,d}$ values as in subclause 9.5.3.2

The $\Delta\sigma_{R,k}$ and $\Delta\tau_{R,k}$ values shall be used taking into account the relevant detail category and making reference to the literature used (e.g. the detail category tables in DIN V ENV 1993-1-1).

NOTE: In the analysis considering nominal stress amplitudes, the influence of peak stresses as a result of the local geometry (notches) of the structural member is included in the detail category tables.

9.5.3.4 Analysis based on notch stress amplitudes

If the local geometry of components is not allowed for in detail category tables, the maximum and minimum

IN 19704-1 : 2000-00

Notch stresses (peak stresses) shall be determined, and $\Delta\sigma$ and $\Delta\tau$ shall be established as the difference between these, using concentration factors α_k where relevant.

Fatigue assessment of non-welded machine components made from unalloyed or low-alloy structural steel may be dispensed with if:

$$\sigma \leq 117/\gamma_{Mf} \text{ and } \Delta\tau \leq 46/\gamma_{Mf} \quad (13)$$

$$\leq 5 \cdot 10^6 \cdot [117/(\gamma_{Mf} \cdot \Delta\sigma)]^3 \text{ or } N \leq 10^8 \cdot [46/(\gamma_{Mf} \cdot \Delta\tau)]^5, \quad (14)$$

with $\Delta\sigma$ and $\Delta\tau$ in N/mm².

Otherwise, an approximate method may be used to verify that the amplitudes $\Delta\sigma$ and $\Delta\tau$ of the notch stresses do not exceed the $\Delta\sigma_{R,d}$ and $\Delta\tau_{R,d}$ values as in subclause 9.5.3.2, i.e.

$$\sigma \leq \Delta\sigma_{R,d} \text{ and } \Delta\tau \leq \Delta\tau_{R,d} \quad (15)$$

As an alternative, fatigue assessment may be made substituting for the full amplitudes of the notch stresses, these amplitudes reduced by the ratio of the fatigue factor, β_k , to the stress concentration factor, α_k , as follows:

$$\sigma \cdot \beta_k/\alpha_k \leq \Delta\sigma_{R,d} \text{ and } \Delta\tau \cdot \beta_k/\alpha_k \leq \Delta\tau_{R,d} \quad (16)$$

The values of the unnotched material shall be used as characteristic values of fatigue strength, $\Delta\sigma_{R,k}$ and $\Delta\tau_{R,k}$ and β_k (which shall not be greater than α_k) shall be used making reference to the relevant literature.

5.4 Serviceability limit state analysis

A serviceability limit state analysis is required for machine components (e.g. in cases where there are restrictions on deformations or when determining wear rates), analysis shall be based on the characteristic values (using γ_F equal to unity) of the loads or moments as in subclause 8.2, and the resistances shall be calculated with γ_M equal to 1,0.

Analysis of special machine components

1.1 General

When determining the stresses and resistance capacities of the special machine components covered in subclauses 10.2 to 10.26, clause 9 shall be applicable unless otherwise specified in the following.

Special machine components are designed on the basis of global safety factors, S , specified elsewhere, these shall be used instead of the product of γ_F and γ_M as in clause 9. In this case, the stresses resulting from the characteristic values from clause 5 and subclause 8.4 (cf. tables 5 and 6) shall be compared with the permissible values (i.e. the characteristic values of the resistances divided by S), ignoring partial safety factors and combination factors.

Instead of a stress analysis, a comparison of other physical parameters (e.g. of outputs, torques or operating hours) may be made.

Drive assemblies as specified in subclause 10.7 of DIN 19704-2 are used for small gates subject to minor loads, an inspection document as under item g) of subclause 3.2 may be provided instead of carrying out an analysis.

2.2 Hydraulic cylinders

2.1 Standardized cylinders

Analysis is not required for hydraulic cylinders conforming to DIN 24333, which have no influence on the motion of the gate and are with pistons 125 mm or less in diameter.

2.2 Stress analysis for static loading

Design of the cylinder barrel shall be based on DIN 2413-1.

Stress analysis assuming service conditions shall use safety factors, S , taken from table 3 of DIN 2413-1, load level, increased by 40 %. These factors shall also be used instead of the product of γ_F and γ_M , to take account of abnormal load cases as a result of a malfunction.

2.3 Analysis of buckling strength

For slender hydraulic cylinders, the buckling strength shall be verified by second order theory as set out in DIN 18800-2 if the safety factor of the notional buckling load (see DIN 18800-2), η_{Ki} , is not greater than 10.

When calculating the smallest notional buckling load, N_{Ki} , by elastic theory, the system consisting of the cylinder barrel and piston rod may, for convenience, be assumed to consist of two components of different cross sections.

Such an analysis shall take the following into account:

- a) an equivalent initial bow imperfection in the form of one sinusoidal half-wave with a maximum deviation, w_0 , equal to $L/300$ (where L is the distance between the joint axes), to cover the clearance of the piston and piston rod guide and the manufacturing tolerances (e.g. including cylinder wall thicknesses);
- b) bending as a result of bearing friction in the rod ends;
- c) the design self-weight in the case of a non-vertical axis.

The piston and piston rod guide shall be analysed for compression.

10.3 Hydraulic pipes

For the design of hydraulic pipes, DIN 2413-1 and DIN 2413-2 shall be used, with the same safety factors as in subclause 10.2.2.

Analysis is not required for pipes designed for a maximum operating pressure, $max p_B$, of 25 bar.

10.4 Hydraulic components

Hydraulic components such as hydraulic pumps, hydraulic motors, standardized hydraulic cylinders, and open and closed loop control devices, shall be selected so that the nominal operating pressure according to the manufacturer's data sheets is at least 25 % higher than the design operating pressure, $max p_{B,sys}$, to subclause 8.5.2.

10.5 Electric motors

Drive motors shall be selected so that, within the range from standstill to nominal speed, the motor torque is higher than the relevant characteristic value of the moment as in subclause 8.2, in order to ensure that the motor starts up and runs at constant speed when the gate is at any position.

10.6 Brakes

Brakes shall be designed in accordance with DIN 15431 and DIN 15434-1.

The required braking torque, $erf M_B$, is obtained from the characteristic values of the moment (including any braking torques of rotated or linearly moved masses; cf. subclause 8.2), referred to the brake shaft.

For service brakes, the braking torque of the moved mass may usually be taken to be 10 % of the moment due to a load at rest. It may vary as a function of the braking distances or times specified by the client, or depending on the dynamics of the braking process.

Holding brakes shall be selected so that, at minimum friction, the actual braking torque is at least 2,5 times higher than the design braking torque.

Constant deceleration during the braking time may be assumed.

10.7 Couplings

DIN 115-1, DIN 116 and DIN 740-2 shall apply with respect to clamping, flange and flexible couplings.

10.8 Shafts

DIN 748-1 and DIN 748-3 shall apply with respect to grooved shaft ends.

For shafts with a ratio of span to diameter of 50 or more, the angle of torsion shall be calculated, with 20 angular minutes per metre permitted under the characteristic values of actions.

In the case of fast rotating shafts, the critical speed and, if required, the effect of the speed on the supporting structure, shall be taken into account.

The deflection of shafts under the characteristic values of actions shall be not greater than 5/1000 times the modulus at a gear wheel, and not greater than 2/1000 times the chain pin diameter for a flying chain pinion.

10.9 Shaft-to-hub connections

10.9.1 Keyed shafts and splines

Surface pressure shall be verified for keyed shafts and spline combinations with shaft and hub.

It shall also be verified that, assuming the design values of actions, $p_{R,d}$, compression is not greater than $f_{y,k}/\gamma_M$ (17) for shafts or splines with one key and not greater than $0,75 f_{y,k}/\gamma_M$ (18) for shafts or splines with two keys.

Assuming constant surface pressure, an effective length equal to not more than $1,2 \cdot d$ may be used (d being the shaft diameter).

10.9.2 Interference fits

DIN 7190 shall be applicable to interference fits.

10.9.3 Involute spline joints

The DIN 5480 series shall be applicable to involute spline joints.

19704-1 : 2000-00

9.4 Ring cone locking assemblies

Resistances of ring cone locking assemblies shall be verified on the basis of design values provided by the manufacturer.

10 Toothed gearing

For toothed gears and racks, the root strength, pitting resistance, scuffing resistance and fatigue strength shall be verified as specified in DIN 3900-1 to DIN 3990-6, DIN 3990-11, DIN 3990-12, DIN 3990-21 and DIN 3991-1 to DIN 3991-4.

Design shall be provided for torques derived from the characteristic value of the nominal motor torque as in clause 8.3.

The following parameters shall be used:

- a) an application factor, K_A , of 1,5;
- b) a service life of 35 years;
- c) a pressure angle, α_n , of 20°;
- d) safety factors allowing for:
 - breakage of tooth (root strength): $S_F \geq 3,0$;
 - pitting: $S_H \geq 1,1$;
 - scuffing: $S_S \geq 2,0$;
- e) tooth quality as in DIN 3960 to DIN 3965 and DIN 3967:

For closed gears:

- hardened and ground teeth: grade 7;
- milled or shaped teeth: grade 8;

For open gears:

- where $v \geq 0,8$ m/s: grade 9;
- where $v < 0,8$ m/s: grade 10,

v being the circumferential speed at the pitch circle.

These parameters do not apply to cast toothing.

Material data applicable to grade MQ from DIN 3990-5 shall be applied.

Instead of calculating the root strength and pitting using K_A , fatigue assessments to DIN 3990-6 may be carried out using safety factors S_F and S_H to take into account the collective load.

11 Worm gearing

Worm gearing shall be designed for torques derived from the characteristic value of the nominal motor torque in subclause 8.3.

The following parameters shall be used:

- a) an application factor, K_A , of 1,5;
- b) a service life of 40 000 operating hours, unless a shorter service life is specified by the client;
- c) safety factors allowing for:
 - breakage of tooth: $S_F \geq 2,0$;
 - pitting: $S_H \geq 1,6$;
 - wear: $S_W \geq 1,6$;

The deflection of the worm shaft assuming the characteristic values of the actions shall not exceed 1/100 of the module.

NOTE: The specified service life includes a margin to cover short-time operation.

12 Plain bearings made from nonferrous casting alloys

The following requirements apply assuming a short-term low speed typical of components used in hydraulic structures (e.g. plain bearings of wheels and rollers, gudgeon bearings and pintle bearings of mitre gates, in joints and journal bearings of radial gates).

Plain bearings with the contact faces made of a combination of steel and nonferrous casting alloy, the steel shall have a Brinell hardness of at least 220 HBS (as in DIN EN 10003-1) and the nonferrous material a hardness of at least 80 HBS.

The design values of the contact pressures shall be verified for centric loads using the following:

$$\frac{F_d}{d \cdot l} \leq \sigma_{R,L} \quad (19)$$

where

F_d is the design value of the force in the joint (for γ_F -fold loading);

d is the bearing diameter;

l is the effective length;

$\sigma_{R,L}$ is the design value of the bearing resistance.

The $\sigma_{R,L}$ values given below shall be applicable unless the manufacturer of the nonferrous material recommends smaller values for specific applications.

For plain bearings with external lubrication, the $\sigma_{R,L}$ value (in N/mm²) is a function of the Brinell hardness of the nonferrous material. For slewing movements, $\sigma_{R,L} = 0,90 \cdot \text{HBS}$ (20).

For self-lubricating plain bearings made from nonferrous material with solid lubricant packing, the effective sliding surface area shall be calculated with that of the non-metal components deducted. In this case, $\sigma_{R,L}$ is a function of the Brinell hardness and the distance covered per year, s . For slewing movements:

$$\sigma_{R,L} = 1,3 \cdot \text{HBS} \cdot \sqrt[5]{\frac{1}{s}} \quad (21)$$

where s is the distance covered per year in m, with a minimum of 3 m, to be calculated as follows:

$$s = n \cdot \varepsilon \cdot \frac{d}{2} \quad (22)$$

where

n is the number of slewing movements of the loaded gate per year;

ε is the gate swivel angle, in radians;

d is the plain bearing diameter.

The Brinell hardness numbers to be used in equations (20) and (21) for nonferrous materials shall be taken from ISO 4384-2.

For plain bearing bushes which rotate under load (except for bushes in sprocket chains), the design values of resistances shall be reduced by half.

10.13 Plain bearings made from composite material with solid lubricant

The following requirements apply, assuming a short-term low speed typical of joints, wheels and rollers used in hydraulic steel structures.

For plain bearings made from a combination of steel and composite material, the steel shall have a Brinell hardness of at least 220 HBS (as in DIN EN 10003-1).

The design surface pressure shall be verified for centric loading using equation (19).

The $\sigma_{R,L}$ values listed below shall apply unless the manufacturer of the composite material recommends a smaller value for specific applications.

For self-lubricating plain bearings (made of sintered copper alloy, with integrated solid lubricant) and for thin-walled, rolled bushes consisting of a metal case with a sintered copper alloy raceway at least 1 mm thick and integrated lubricant), $\sigma_{R,L}$ is a function of the distance covered per year and the Brinell hardness of the raceway. For slewing movements:

$$\sigma_{R,L} = 3,8 \cdot \text{HBS} \cdot \sqrt[5]{\frac{1}{s}} \quad (23)$$

where s is the distance from subclause 10.12, being not less than 3 m for thin-walled, rolled bushes, and otherwise not less than 20 m.

The Brinell-hardness number to be used in equation (23) for composite material shall be taken from ISO 4384-1.

For plain bearing bushes that rotate under load (except for bushes in sprocket chains), the design resistances shall be reduced by half.

10.14 Spherical plain bearings

For spherical plain bearings, the contact pressure shall be calculated for the sliding surface and the resistance obtained compared with that given by the manufacturer.

Moreover, the service life shall be verified as a function of the number of full slewing movements of the gate.

The ratio of the axial load to the radial load, F_a/F_r , shall generally be not greater than 0,25.

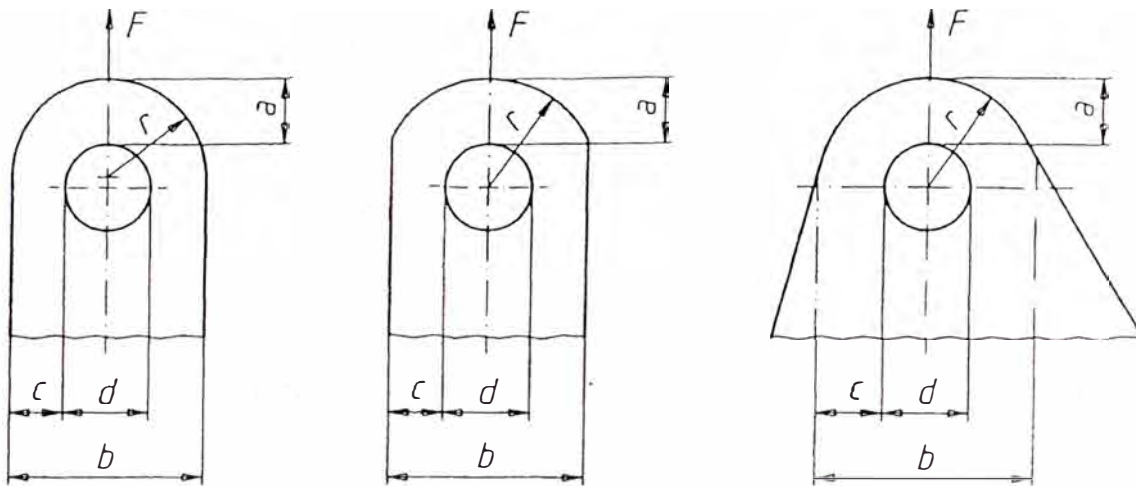


Figure 6: Eye bar, chain linkplate and eye plate

1.5 Eye bars, chain link plates and eye plates

For eye bars, chain link plates and eye plates, analysis for static loading and fatigue assessment shall be provided on the basis of the assumption that the design width of the smallest cross section ('web' cross section), c (movement from one end position to the other and back) is not greater than height a (see figure 6): In the analysis for static loading, the nominal tensile stresses in the web cross section shall be calculated assuming the design values of actions and to allow for friction in the joint increased by a factor, β , obtained as follows:

$$\beta = 1 + \mu d / (d + c) \quad (24)$$

where μ is the friction coefficient taken from table 4.

It shall be verified that the nominal stress increased by factor β is not greater than the design yield stress, i.e.

$$\sigma = \beta \cdot F_d / (2ct) \leq f_{y,k} / \gamma_M \quad (25)$$

where

F_d is the design tensile force to be transmitted;

t is the eye plate thickness.

Moreover, it shall be verified that the peak stress in the web cross section, $\max \sigma$, does not exceed the characteristic value of the yield stress, i.e.

$$\sigma = \alpha_k \cdot \sigma_m \leq f_{y,k} \quad (26)$$

where the clearance in the hole is not greater than that for the H9/e8 fit, and a more detailed analysis is not provided, the stress concentration factor, α_k , may be obtained as follows:

$$\alpha_k = 2 \cdot \left(1 + \frac{2c}{3d}\right) \cdot \left(1 - \frac{a-c}{3b}\right) \quad (27)$$

where $b = 2c + d$ and $c \leq a \leq 1,5 c$.

The governing factor in the fatigue assessment shall be the difference between the peak stresses in the web and the edge of the hole; however, this shall be calculated on the basis of the characteristic value of the tensile force, F_k .

6 Chain joints

It shall be verified for sprocket chains that the contact pressure in the joints, σ_L , deriving from the chain design tensile force, F_d , is not greater than the design resistance, $\sigma_{R,L}$, i.e:

$$F_d / d \cdot l \leq \sigma_{R,L} \quad (28)$$

where

d is the chain pin diameter;

l is the centre distance of pins (pitch).

The length of bushes made from composite material should be not shorter than 1/4 of the pin diameter.

It shall be assumed that only one pin transmits the force to the wheel.

The design resistances of plain bearings, σ_L or $\sigma_{R,L}$, shall be determined as specified in subclauses 10.12 and 10.13. For the design of guides for chains, a force not less than 5 % of the chain tensile force shall be assumed to act normal to the guides.

It may be assumed that adjacent plates of a chain link have the same loadbearing capacity.

10.17 Rod ends

The provisions for plain bearings as in subclause 10.14 and eye bars as in subclause 10.15. shall apply by analogy to rod ends.

10.18 Pinion racks, pinion chains and gear racks

The design of pinion chain pins and teeth shall be based on the bending stress and the contact pressure between the pins and teeth.

The characteristic tensile strength, $f_{u,k}$, of the pin material shall be not less than 500 N/mm².

The provisions for plain bearings as in subclause 10.12, composite material bearings as in subclause 10.13 and wheels as in subclause 10.22 shall apply by analogy to guided pinion chains deflected under load.

Guides shall be designed to accommodate the lateral forces which result from the geometry, taking into account a partial safety factor, γ_F , of 2,0. The design lateral forces shall, however, be assumed to be at least 5 % of the design compressive force of the pinion, even if the guide is designed to be straight.

Moreover, at the point where the wheel and the pinion mesh, the guide shall be designed to accommodate a force equal to at least 30 % of the tensile or compressive force from the chain, acting perpendicular to the guide.

10.19 Rolling bearings

The design of rolling bearings shall be as specified in DIN 732-1, DIN 732-2, ISO 76 and ISO 281.

10.20 Rope drives

The design of rope drives, including the ropes for counterweights, shall be based on the specifications of DIN 15020-1. Load case 3 ('heavy') shall be assumed when designing the drive assembly and 'normal transport' shall be assumed when designing the rope diameter as in table 2 from DIN 15020-1, February 1974 edition. It shall be the responsibility of the client to specify the class for service life.

For accidental load cases, the characteristic tensile force of the rope shall be given a threefold factor of safety against its reaching the minimum breaking force (which is the product from the stranding factor, cross section of the rope, and nominal tensile strength of wires).

10.21 Rope wheels, rope drums and compensating rollers

For rope drives, as a departure from the specifications of DIN 15020-1, the ratio of the wheel or drum diameter, D , to the nominal rope diameter, d , should not be less than the values given in table 7.

10.22 Wheels, guide rollers, mitre gate dogs and rails

It shall be verified that the maximum Hertzian pressure, $\max p_d$, for wheels, guide rollers and rails subjected to a design wheel pressure, F_d , calculated in accordance with subclause 9.3 is not greater than the design resistance, $p_{R,d}$, i.e. $\max p_d \cdot p_{R,d}$ (29).

This analysis is to cover the ultimate limit state and include an analysis of fatigue strength. A serviceability limit state analysis is not required.

Table 7: Diameter ratios for rope drives with counterweight suspensions

Drive components		Diameter ratio, D/d
Lock gates	Rope wheels	40
	Rope drums	32
	Compensating rollers	16
Weir gates	Rope wheels	32
	Rope drums	25
	Compensating rollers	14

DI 19704-1 : 2000-00

In the case of crowned wheels or rollers and flat rail surfaces, the maximum Hertzian pressure, $max p_d$, is given by the following equation:

$$\pi \cdot p_d = \frac{1,5 \cdot F_d}{\pi \cdot a \cdot b} = \frac{1,5}{\pi \cdot \varphi_a \cdot \varphi_b} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{[3 \cdot (1 - \nu^2)]^2}} \cdot \sqrt[3]{E^2 \cdot \left(\frac{1}{R_b} + \frac{1}{R}\right)^2 \cdot F_d} \quad (30)$$

where
 E is the elastic modulus of the wheel/roller or rail material;
 F_d is the design wheel/roller load;
 R is the wheel/roller radius;
 R_b is the crown radius ($R_b \geq R$).
 ν is the Poissons's ratio of the wheel/roller or rail material.

For the major semiaxis of the resulting elliptic contact face, the following shall apply:

$$a = p_a \cdot \sqrt[3]{3 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \sqrt[3]{\frac{F_d \cdot R_b \cdot R}{E \cdot (R_b + R)}} \quad (31)$$

and for the minor semiaxis:

$$b = \frac{p_b}{p_a} \cdot a \quad (32)$$

Coefficients φ_a and φ_b shall be taken from table 8:

Table 8: Coefficients for Hertzian pressures

$\frac{R_b}{R}$	1,0	2,5	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0	30,0
$\frac{a}{b}$	1	1,838	2,890	3,749	4,499	5,800	6,929	8,876
φ_a	1	1,3864	1,8129	2,1302	2,3904	2,8132	3,1571	3,7118
φ_b	1	0,7543	0,6273	0,5682	0,5313	0,4850	0,4556	0,4182

It shall be verified that, in the most unfavourable case, dimension c (as in figure 4) is equal to $3b$. To this end, the edges of wheels/rollers or rails shall be rounded. This requirement shall also apply by analogy to cylindrical rollers. Where the number of rolling contacts, N , is 10^5 or less, the design resistance, $p_{R,d}$, in N/mm^2 , shall be calculated as a function of the yield stress of the wheel/roller or rail material, using equation (33):

$$p_{R,d} = 2,3 \cdot f_{y,k} \quad (33)$$

Calculations may also be based on the Brinell hardness number, as follows:

$$p_{R,d} = 5,4 \cdot HBS \quad (34)$$

Where N is greater than 10^5 , the design resistance shall be calculated as a function of p_D , as follows:

$$p_{R,d} = p_D \cdot \sqrt[5]{\frac{2 \cdot 10^6}{N}} \quad (35)$$

Where N is to be equal to $2 \cdot 10^6$ under maximum wheel pressure and p_D to be equal to $3,0 \cdot HBS$ (36).

For the sake of simplicity, a damage-equivalent constant wheel pressure may be substituted for variable wheel pressures.

Resistances obtained by means of equations (33) to (36) shall also apply to cylindrical rollers.

Where Hertzian pressures are produced by cyclic loading not involving rolling contacts (e.g. on mitre gate dogs), the values obtained from equation (35) may be increased by 50 %, with a maximum of $6,0 \cdot HBS$ (with the Brinell hardness number determined as in subclause 4.3 or taken from table 1). Unless it can be verified that higher values are achievable, the minimum values given shall be used. For hardness testing, refer to DIN EN 10003-1. The design hardness shall subsist to a depth of at least $1,5 b$ below the roller surface.

4.3 Axles and hinge bolts

Bearing pressure, bending and shear shall be verified for axles and hinge bolts. Bending moments shall be determined assuming a uniform distribution of the bearing pressure over the relevant support length, disregarding constraints in the bearing areas of holes.

Bending stresses may be calculated assuming linear stress distribution across the cross section. The maximum shear stresses as a result of shear, $max \tau$, shall be calculated as follows:

$$max \tau = \frac{16V}{3\pi d^2} \left(1 + \frac{3}{2}\mu \right) \quad (37)$$

where

V is the shear force;

d is the bolt diameter;

μ is to be taken from table 4.

Analysis on the basis of combined stresses is not required.

Fatigue assessment for bearing pressures is not required.

10.24 Helical springs

DIN 2089-1 shall apply for the design of cylindrical helical springs.

Springs shall be designed so as to be not fully compressed.

10.25 Disc springs

Design of disc springs shall be as specified in DIN 2092 and DIN 2093.

Springs shall be designed so as not to be fully compressed to level.

10.26 Fasteners

As a departure from the specifications of DIN 18800-1, the resistance of fasteners used shall be calculated applying a partial safety factor of 1,5.

The depth of thread engagement of bolts and screws in tension shall be designed so that failure of the fasteners would not be due to stripping of the thread but to creep at the screw/bolt section in tension.

In the absence of a more detailed analysis, the depth of engagement for coarse-pitch threads may be calculated by multiplying the 1,2-fold thread diameter by the greater value of the ratio of the yield strengths of the bolt/screw material and the component material. Although the depth of engagement only needs to be at least 1,2 times the thread diameter, a value not greater than twice the thread diameter shall be used in calculations.

Appendix A

Basic criteria for fatigue assessment

This appendix contains specifications for calculating collective stresses for the fatigue assessment of the steel structures of the most common gates.

A.1 Gates in inland waters

A.1.1 Lock gates

For lock gates and lock paddles in gates, spillways, culverts and water saving chambers, loading depends on the number of locking cycles, with one upstream lockage plus one downstream lockage being considered as one cycle.

Calculations shall be based on at least 300 operating days per year and a daily number of cycles to be specified by the client, with a minimum of 10.

A.1.2 Ship lift gates

For trough gates and head and tail gates of ship lifts, a complete lifting and lowering movement of the trough shall be considered one load locking cycle.

At least 300 operating days per year and a number of locking cycles to be specified by the client, with a minimum of 20, shall be assumed.

A.1.3 Ship lift troughs

For troughs and their steel elements, dynamic forces from the drive and due to start-up and slow-down shall be taken into account in fatigue assessment. The number of cycles shall be determined by analogy with subclause A.1.2.

EN 19704-1 : 2000-00

4 Weir gates

It shall be the responsibility of the client to specify the collective loads for weir gates as a function of the discharge conditions and the mode of operation.

5 Flood gates and safety gates

For flood gates on rivers and safety gates in ship canals, the number of locking cycles is usually so irrelevant that fatigue assessment may be dispensed with.

6 Gates of pumping stations

For gates of pumping stations, at least 300 operating days per year and a daily number of locking cycles to be specified by the client, with a minimum of two, shall be assumed.

2 Gates in coastal waters

2.1 Tidal range

The average tidal high and low water may be used to determine differential stresses. In the absence of a more detailed analysis, the tidal curve may be subdivided into five sections, each covering the same difference in height.

2.2 Lock gates

For lock gates and lock paddles in gates, spillways, and culverts, loading depends on the number of locking cycles, and in addition, for gates on the sea-side, on wave loads. At least 300 operating days per year shall be assumed. The daily number of locking cycles shall be specified by the client, with a minimum of 10. Wave heights and the number of incoming waves assumed shall take local conditions into account.

2.3 Flood gates and barrage gates

It shall be responsibility of the client to specify the collective loads for flood gates and barrage gates as a function of the discharge conditions, modes of operation and wave loads.

Gates of dams and hydroelectric power plants

It shall be responsibility of the client to specify the collective loads where gates are used in dams for water discharge control purposes. For all other gates, fatigue assessment may be dispensed with.

Corrections for

DIN 19704-1:1998-05 „Hydraulic steel structures – Part 1: Design analysis“

	read	instead of
Contents:		
5.2.3	Actions on gates in motion	Water load
5.2.6	Traffic	Imposed
5.3	Exceptional	Accidental
5.4.1	driven on both ends	with double acting drive
5.5	Exceptional	Accidental
8.5.2	numerical	design
10.15	link-plates	chain plates
10.21	pulleys	wheels
10.22	brackets	dogs
A.1.5	Barrier	Flood
A.2.2	Sea lock	Lock

Chapter .../row ...:	read	instead of
1 /6	penstocks	pressure pipes
/9	<i>insert after loads:</i> (for which the product of water pressure in bar and skinplate area in m ² is less than 0,5)	<i>delete:</i> (i. e. ... plate)
/13	rail supporting beams	sleepers
/19	<i>insert after pinion racks:</i> pinion rack chains,	
/20	as linkage	and linkage
/20	Hinge bolts	Pins
/51	<i>insert after Note 1:</i> NOTE 2: The term „Oil“ (oilhydraulic drives) is used for all fluids which are suitable for hydraulic drives. NOTE 3: With regard to the standard series DIN 18800-1 to -4 repeatedly mentioned below, see also „Anpassungsrichtlinie Stahlbau“ (Code of practice covering the use of DIN 18800-1 to -4).	
2 /42	DIN 3990-6 ...-Fatigue assessment	- calculation of service strength
/64	DIN 15020-1:1974-02	DIN 15020-1
/111	Waterfront structures	Ufereinfassungen)
3.1 /5	<i>delete:</i> permanently	
3.2 /5	drives discharge	transmission volume flow
/6	drives	transmission
/9	treatment	surface roughness parameters
Footnote:	Bühningstr. 10, 13086 Berlin	Mühlenstr. 33-34, 13187 Berlin
4.2.3 /2	force-transmitting	frictionally connected
Table 1, headline, 8 th column	<i>insert:</i> Modulus of elasticity E in N/mm ²	
row No. 6	<i>delete:</i> ²⁾	
4.3 /2	strength values	strength of values
5.2.1 /7	Buoyancy	Uplift
5.2.2 /3	and/or	or
/5	water hammer	pressure surges
/9	b) c) and d)	b) d) and d)
5.2.3 /1	Actions on gates in motion	Water load

Chapter .../row ...:	read	instead of
5.2.5 /13	main	steel
5.2.6 /1,2,5	Traffic	imposed
/4	horizontally rolling	sliding
5.2.9 /2	<i>insert after</i> fluctuations: with respect to the basis temperature 10° C (283,15 K) during gate erection	
/7	<i>delete:</i> leaf	
5.2.12 /5	dynamic	hydrodynamic
5.3 /1	Exceptional	Accidental
5.4 /2,4	driven on both ends	with double acting drive
5.5 /1	Exceptional	Accidental
6.1 /7	<i>delete:</i> mechanical	
6.2 /5	hinge	pivot
7.2 /4,5	combination values	coefficients
/9	exceptional	accidental
/12	γ_F and	γ or
Table 5, Title headline, 5 th and 6 th column	combination values Basic combination	coefficients Basic load cases
7 th column	Exceptional combinations	Accidental load cases ¹⁾²⁾³⁾
5 th column	Case 1 ¹⁾³⁾	1
6 th column	Case 2 ¹⁾³⁾	2
7 th column	Case 3 ¹⁾²⁾³⁾	3
row No. 6, 3 rd column	Traffic	Imposed
row No. 13, 2 nd column and Footnote 2)	Exceptional	Accidental
7.5.3 /4	factor γ_F	factor
7.6.1 /2	combination values	coefficient
7.6.3 /3	downstream	underflow
7.7.1 /6	26,5°	45°
/8	force	loads
Figure 3 (notation):	force	loading
7.7.4 /2	supporting beams	supports (sleepers)
/3	<i>may</i>	shall
/4	<i>insert after</i> 250 N/mm ³ : as design value,	
/9,12	supporting beam	sleeper
/10	should	shall
/12	compressive stress	compression
8.1 /7	gate body	gate
8.2 /5,7	guide elements	guideways
/11	driven on both ends	with double acting drives
/16	stops	cut offs
Figure 4 (notation):	2 Rail supporting beam	2 Sleeper
8.4 /11	highest torque that can be set	theoretical
/14	driven on both ends	with double acting drives
8.5.1 /3	numerical	design
/6,8	exceptional	accidental
8.5.2 /1,2	numerical	design
8.5.2.1 /1,13,16	numerical	design
/6	piston areas	piston
/7	pre-loading	loading
/10	guide elements	guideways
8.5.2.2 /1,8	Numerical	Design
8.5.3 /5	exceptional	accidental
8.5.4.2 /3	exceptional	accidental
Figure 5 (notation):	differential	single acting
9.2 /5	sprocket chain	chain
/6	deformations	dimensional stability
9.3 /8	brackets	dogs

Chapter .../row ...:	read	instead of
/10	combinations	cases
/12	values	effects
Table 6 row No. 3	Numerical	Design
row No. 6,7	exceptional	accidental
9.5.1 /2	static	stating
/4	Local peak stresses due to notches under static loads may be ignored.	<i>delete</i> : ignoring ... impact.
/6	exceptional	accidental
9.5.3.1 /10	number, N ,	number
9.5.3.2 /2	ranges	amplitudes
9.5.3.3 /1,2,13	ranges	amplitudes
/9	N/mm^2	N/mm
9.5.3.4 /1	ranges	amplitudes
/2	listed	allowed
/4	these. Concentration factors α_K may be used	these, using concentration factors α_K where relevant
/11,14,15	ranges	amplitudes
10.1 /11	integral actuators	drive assemblies
10.2.2 /5	exceptional	abnormal
10.2.3 /3,4	ideal	notional
/12	<i>insert after</i> design: value of the	
10.4 /4	$p_{B, sys}$	$\max p_{B, sys}$ (Error in the German text)
10.5 /3	load-moment	moment
10.6 /3	<i>req</i> M_B	<i>erf</i> M_B
10.10 /3	DIN 3990-1	DIN 3900-1
10.12 /4	trunnions	journal bearings
/17	<i>insert after</i> lubrication: at regular intervals	
/22	<i>insert after the formula</i> : in N/mm^2	
/26,27	hinge	gate
10.13 /2	hinges	joints
/6	<i>insert after</i> design: value of the	
/13	<i>insert after the formula</i> : in N/mm^2	
10.15 /6	hinge	joint
/13	<i>insert after</i> design: value of the	
10.16 /1	Sprocket chain	Chain
/4	<i>denominator in eq. (28)</i> : (d.l)	d·l
/7	effective length of pin	centre distance of pins (pitch)
10.18 /2	rack	chain
/4	<i>insert after</i> characteristic: value of the	
/6	guide rollers	wheels
/8,9	<i>insert after</i> design: value of the	
/10	sprocket wheel	wheel
/11	pinion rack	chain
10.20 /6	exceptional	accidental
/6	<i>insert after</i> characteristic: value of the	
10.21 /1,2	pulley(s)	wheel(s)
10.22 /1	brackets	dogs
/3	a design value of the wheel load	a design wheel pressure
/4	<i>insert before</i> resistance: value of the	
/4	$\max p_d \leq p_{Rd} \quad (29)$	$\max p_d \cdot p_{Rd} \quad (29)$
/21/22/23	<i>exchange the sentences 2 and 3</i>	
/23	<i>insert after</i> design: value of the	
/27	<i>insert after</i> the formula: in N/mm^2	
/28	<i>insert after</i> design: value of the fatigue	
/30,31,32	In this case the fatigue resistance p_D (at	<i>delete</i> : taking N (36)

Chapter .../row ...:	read	instead of
	<p>$2 \cdot 10^6$ cycles/overrollings under maximum wheel load) may be applied as follows:</p> $p_D = 3,0 \cdot \text{HBS} \quad \text{N/mm}^2 \quad (36)$	
/31	load	pressure
/32	loads	pressures
/32	<i>insert:</i> For $N > 2 \cdot 10^6$: $p_{R,d} = p_D$ has to be applied.	
/34	brackets	dogs
Table 7, row No. 2,5	pulleys	wheels
10.23 /6	<i>insert after</i> shear: and torsion due to friction,	
10.26 /3	<i>insert after factor:</i> , γ_M ,	factor
/7	yield	creep
Appendix A:	<i>insert:</i> (normative)	
A.1.3 /3	supporting steel	steel
A.1.5 /1	Barrier	Flood
A.2.1 /2	the stress ranges	differential stresses
A2.2 /1,2	Sea lock	Lock

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigefügte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness. On no account shall the translation be considered authorized by DIN. No part of this document may be reproduced without the prior permission of DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.

Hydraulic steel structures

Part 2: Detailing and fabrication

DIN
19704-2

ICS 93.140; 93.160

Descriptors: Hydraulic steel structures, water engineering.

Stahlwasserbauten – Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung

This standard, together with DIN 19704-1 and DIN 19704-3, May 1998 editions, supersedes DIN 19704 and DIN 19705, September 1976 editions.

Contents

	Page		Page
Foreword	1	5.2.3 Tolerances for embedded elements	8
1 Scope	2	5.2.4 Tolerances for gates	10
2 Normative references	2	5.3 Testing of welds	10
3 General considerations for design, operation and maintenance	3	5.4 Testing of hollow structures	10
3.1 General requirements	3	5.5 Stainless steels	10
3.2 Accessibility	3	5.6 Combined use of structural steel and stainless steel	10
3.3 Rooms for drive systems	3	5.7 Corrosion protection	10
3.4 Locking mechanisms	3	5.7.1 Machining of edges and welds	10
3.5 Inspection gates	3	5.7.2 Coating	10
3.6 Trash racks	3	5.7.3 Cathodic protection	11
3.7 Covers	3	6 Seals	11
3.8 Protection against ship impact	3	6.1 Materials	11
4 Detailing of steel structures	5	6.2 Design	11
4.1 General	5	6.3 Seal sliding faces and stop faces	11
4.2 Minimum thicknesses	5	6.4 Rubber seals	11
4.3 Bolted connections	5	6.5 Sealing timber	11
4.3.1 General	5	6.6 Leakage	12
4.3.2 Minimum diameter of bolts and rivets ..	6	7 Prevention of icing	12
4.3.3 Hole pitches for bolts and rivets	6	7.1 Heating of sealing faces	12
4.3.4 Securing of bolts	6	7.2 Water circulation	12
4.4 Welded connections	6	8 Embedded elements	13
4.4.1 Fillet welds	6	8.1 Installation	13
4.4.2 Butt welds	6	8.2 Concreting	13
4.4.3 Flange plates	6	8.3 Joints	13
4.4.4 Welding of cold worked components ..	7	8.4 Rails and guide rails	13
4.4.5 Welding of loadbearing components ..	7	9 Design principles for machinery	13
4.4.6 Special precautions	7	9.1 Supporting and guidance of gates	13
4.5 Axle supports	7	9.2 Drives	13
4.6 Cut-outs	7	9.2.1 Accessibility	13
4.7 Filler plates	7	9.2.2 Speed of gate	14
5 Fabrication of steel structures	7	9.2.3 Switch-off at end position	14
5.1 Manufacturer's approval	7	9.2.4 Synchronization monitoring and closed loop control	14
5.2 Tolerances	7	9.2.5 Position sensing systems	14
5.2.1 General	7	9.2.6 Overload protection	14
5.2.2 Tolerance classes	8	9.2.7 Manual drives	14

Continued on pages 2 to 22.

Translation by DIN-Sprachendienst.

In case of doubt, the German-language original should be consulted as the authoritative text.

Design principles for special machine components	14	10.5 Cylindrical and bevel gears	18
1 Hydraulic drives	14	10.6 Worm gears	19
1.1 General requirements for hydraulic cylinders	14	10.7 Drive assemblies	19
1.2 Design and fabrication of hydraulic cylinders	15	10.8 Plain bearings	19
1.3 Passages of piston rods and linkages ..	15	10.9 Spherical plain bearings	19
1.4 Further components of hydraulic systems	16	10.10 Rolling bearings	19
1.5 Hydraulic fluids	16	10.11 Bearings for slewing movements	19
1.6 Hydraulic station	16	10.12 Rotary shaft lip seals	20
1.7 Pipework	17	10.13 Bearing housings	20
1.8 Changes in gate position	18	10.14 Sprocket chains	20
1.9 Manual and emergency drives	18	10.15 Pinion racks and pinion chains	20
1.10 Marking	18	10.16 Rope drives	21
1.11 Corrosion protection	18	10.17 Wheels and guide rollers	21
2 Brakes	18	10.18 Sliding guideways	21
3 Couplings	18	10.19 Axles and hinge pins	21
4 Shaft-to-hub connections	18	10.20 Springs	21
		10.21 Threads	22
		10.22 Connections	22
		10.22.1 Bolts and bolted connections	22
		10.22.2 Welds	22

Foreword

This standard has been prepared by Technical Committee *Stahlwasserbau* of the *Normenausschuß Wasserbau* (Water Practice Standards Committee).

Amendments

This standard differs from DIN 19704 and DIN 19705, September 1976 editions, in that these standards have been completely revised and combined into one standard which includes a new safety concept based on ultimate limit state.

Previous editions

† 19704: 1958-06, 1963-12, 1976-09; DIN 19705: 1963-12, 1976-09.

▲ Dimensions are in millimetres.

Scope

This standard covers the detailing and fabrication of hydraulic steel structures as specified in clause 1 of DIN 19704-1, May 1998 edition.

Normative references

This standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the titles of the publications are listed below. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this Standard when incorporated in it by amendment or revision. For undated references, the latest edition of the publication referred to applies.

ISO 13-1	General purpose ISO metric screw threads – Nominal sizes for 1 mm to 68 mm diameter coarse pitch
ISO 3092-1	Socketing of wire ropes – Metal socketing – Safety requirements and testing
ISO 15020-1	Rope drives – Design principles
ISO 18800-1	Structural steelwork – Design and construction
ISO 18800-7	Structural steelwork – Fabrication and verification of suitability for welding
DIN 19703	Locks for inland navigation waterways – Dimensioning and equipment principles
DIN 19704-1	Hydraulic steel structures – Design analysis
DIN 19704-3	Hydraulic steel structures – Electrical equipment
ISO 20066	Hose assemblies for use in fluid power systems – Dimensions and requirements
ISO 20066-4	Hose assemblies for use in fluid power systems – Installation

DIN 24346	Fluid power systems – Design principles for hydraulic equipment
DIN 24552	Fluid power systems – Accumulators in hydraulic systems – Concepts and general requirements
Supplement 1 to DIN 24552	Fluid power systems – Accumulators in hydraulic systems – Configuration examples
Supplement 2 to DIN 24552	Fluid power systems – Accumulators in hydraulic systems – Comparison of DIN 24552 with the <i>Druckbehälterverordnung</i> (German pressure vessels regulation) and the relevant <i>Technische Regeln für Druckbehälter</i> (Codes of practice for pressure vessels)
DIN 50021	Corrosion testing – Spray tests with different sodium chloride solutions
DIN 50969	Testing of high-strength steel building elements for resistance to hydrogen-induced brittle fracture and advice on the prevention of such fracture
DIN 53504	Determination of tensile stress/strain properties of rubber
DIN 53505	Shore A and D hardness testing of rubber and plastics
DIN 53509-1	Determination of the resistance of rubber to ozone cracking under static load
DIN 53516	Determination of abrasion of rubber
DIN 53517	Testing of compression set of rubber at constant strain
DIN 54111-1	Non-destructive testing – Radiographic examination of metallic materials by X-rays or gamma rays – Radiographic techniques for fusion welded joints
DIN 86076	Seawater and oil-resistant elastomer sealing sheets – Dimensions, requirements and testing
DIN EN 462-3	Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Image quality classes for ferrous metals
DIN EN 1435	Non-destructive examination of welds – Radiographic examination of welded joints
DIN V ENV 1995-1-1	Design of timber structures – General rules for buildings
DIN EN 10025	Hot rolled products of unalloyed structural steels – Technical delivery conditions (including Amendment A1 : 1993)
DIN EN 10226-1	Pipe threads where pressure-tight joints are made on the thread – Designation of dimensions and tolerances*)
DIN EN 24032	Hexagon nuts, style 1 – Product grades A and B
DIN EN 24034	Hexagon nuts, style 1 – Product grade C
DIN EN 24035	Hexagon thin nuts (chamfered) – Product grades A and B
DIN EN 25817	Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections
DIN EN ISO 12944-1	Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 1: General introduction (ISO 12944-1 : 1998)
DIN EN ISO 12944-2	Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments (ISO 12944-2 : 1998)
DIN EN ISO 12944-3	Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 3: Design considerations (ISO 12944-3 : 1998)
DIN EN ISO 12944-4	Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 4: Types of surface and surface preparation (ISO 12944-4 : 1998)
DIN EN ISO 12944-5	Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems (ISO 12944-5 : 1998)
DIN ISO 3302-1 : 1999	Rubber – Tolerances for products – Part 1: Dimensional tolerances
ISO 228-1 : 1994	Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads – Dimensions, tolerances and designations
ISO 1629 : 1987	Rubber and latices – Symbols

Technische Lieferbedingung der Deutschen Bahn AG (Technical delivery condition of the German Railways)
 TL 91843 – *Elastomere für technische Zwecke, für Gummi und gummielastische Hochpolymer* (Rubber for industrial use, rubber and elastomeric high polymers)**)

AD-Merkblatt (AD Code of practice) HP 5/3

Herstellung und Prüfung von Verbindungen – Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen (Fabrication and testing of joints in pressure vessels – Non-destructive testing of welds)

*) Currently at draft stage.

**) Obtainable from the *Drucksachenzentrale der Deutschen Bahn AG* (Publications Centre of Deutsche Bahn AG), Karlsruhe.

DIN-Merkblatt (DVS Code of practice) 704

Empfehlungen zur Bewertung von Ultraschallbefunden an Schmelzschweißverbindungen (Recommendations for assessment of results of ultrasonic testing of fusion welds to DIN 8563-3)***)

References to DIN 19704-1 and DIN 19704-3 are to the May 1998 editions, and references to the standards of the DIN 18800 series are to the November 1990 editions.

3 General considerations for design, operation and maintenance

3.1 General requirements

To ensure their reliability, hydraulic steel structures shall be designed to be simple, robust and safe. For steel structures, a service life of 70 years shall be assumed, for machine components and their electrical equipment, 35 years. This does not apply to parts subject to wear.

When designing the steel structure and the seals, due attention shall be paid to hydrodynamic effects.

cavitation shall be prevented by taking suitable measures with regard to design features, venting, etc.

To facilitate control of the headwater level and for easy removal of ice and floating debris, these should be able to pass over the top of the gates, whenever possible.

3.1.1 Accessibility

The design shall take into consideration the need for simple and efficient maintenance, also with regard to the civil engineering aspects. This applies especially to ease of access, inspection and replacement of elements and components.

Gates should be accessible. For this purpose, ladders, manholes, gratings and walkways may be provided. It shall be possible to vent closed, accessible gates, and they shall be fitted with a sufficient number of access openings of adequate size.

Ladders shall be designed to conform to DIN 19703.

3.1.2 Rooms for drive systems

Rooms for drive systems shall be kept free of water, vented and, where necessary, protected against condensation. If the driving machinery is not located above the maximum water level, the rooms for drive systems and penetrations for cables and pipes shall be made proof against water exerting hydrostatic pressure.

Drive motors and controls for gates which are used for flood water discharge or flood protection shall remain accessible even at the design flood water level.

Rooms for drive systems shall be designed to prevent environmentally hazardous fluids from escaping into the environment.

Auxiliary equipment for repair purposes shall be provided for all drives and each room.

Drives should be installed and removed as assemblies and be able to be conveyed to the surface.

3.1.3 Locking mechanisms

Gates shall be capable of being mechanically locked in the required positions as governed by the locking system and operational safety requirements, and to facilitate erection and maintenance work.

3.1.4 Inspection gates

It shall be possible to inspect any submerged parts, usually by means of inspection gates.

Inspection gates should be designed for quick and simple installation and removal, even in flowing water, if required.

3.1.5 Trash racks

Trash racks shall be capable of being cleaned. It shall be possible to lift trash racks installed at a low level.

Trash racks should not be installed in front of deep sluices unless they can be cleaned. The absence of trash racks shall be taken into account by a suitable design of gate and sluice.

3.1.6 Covers

Drainage channels shall have slip-proof covers. They shall be installed in tied frames, from which they shall be easily removable. They shall be fixed if there is a risk of uplift.

*** obtainable from the *Deutscher Verband für Schweißtechnik* (German Welding Association), Düsseldorf.

3.8 Protection against ship impact

Gates likely to be subjected to ship impact shall be protected by suitable means.

In the case of mitre gates, protective bars should be located approximately 100 mm behind the chamber wall line when the gate is in the open position.

See DIN 19703 for the installation of impact protection facilities.

4 Detailing of steel structures

4.1 General

In general, the structural detailing of steel structures shall be as specified in clause 5 of DIN 18800-1, except where the following supplementary or deviating provisions apply.

Except for other parts firmly connected to the solid structure, steel structures and rails shall be classed as elements that, according to DIN 18800-7, are not subjected to predominantly static loading. This remains the case when fatigue assessment to DIN 19704-1 is irrelevant or not required. If inspection gates are also to be considered not subjected to predominantly static loading, this shall be specified accordingly by the client.

The design of steel structures shall aim to keep mechanical stresses (e.g. due to ice, flotsam or floating debris) to a minimum.

The support conditions for gates shall not significantly change as a result of settling, deformation or wear.

NOTE 1: Minor mechanical stresses and corrosion tend to occur with even surfaces and less complex designs.

See DIN EN ISO 12944-3 for design principles that take into account corrosion protection.

NOTE 2: Design features to ensure constant support conditions for the gate include the selection of a gate of low torsional stiffness, and means of adjusting bearings, rails and seals.

4.2 Minimum thicknesses

With the exception of filler plates and equipment such as heating pipes, air bubbler system pipes and lubricant pipes, the following minimum thicknesses shall be observed for elements made from unalloyed structural steel:

- skin plates for lock gates, barrage gates and safety gates: 12 mm;
- skin plates for other gates and inspection gates: 10 mm;
- steel plate, flats and wide flats: 8 mm;
- steel bars and sections, and walls of hollow sections and tubes: 6 mm;
- embedded steel elements: 10 mm.

Minimum thicknesses of elements made from stainless steel shall be specified by the client.

4.3 Bolted connections

4.3.1 General

Bolted connections intended to withstand shear and bearing pressure or ensure positional stability shall be designed as fitted shear bolt connections.

There shall be no bolted joints on skin plates unless they are required, for example, to enable the subsequent removal of such plates or the assembly and disassembly of gates consisting of several parts.

Friction-grip connections are not permitted owing to the risk of corrosion on submerged friction interfaces.

If rusting-in of the thread in bolted connections of removable, adjustable or replaceable parts is to be precluded, all parts of the connections shall be made from stainless steel.

The tightening torques and prestressing loads of prestressed bolts made from stainless steel of property class 70 shall be not greater than those given in table 1.

The prestressing loads and tightening torques of bolts of other property classes shall be converted in the relationship of their yield stresses to that of steel of property class 70.

Table 1: Maximum permissible prestressing loads and tightening torques for stainless steel bolts of property class 70

Thread size	Prestressing load, in kN	Tightening torque, in Nm
M 16	45	150
M 20	56	275
M 24	69	285
M 27	72	400
M 30	88	550

Table 2: Maximum edge distances and hole pitches

Type of connection	Maximum edge distance	Maximum pitch
Sealing joints	$2,5 d_L$ or $5 t$	$3 d_L$
Other joints and connections	$3 d_L$ or $6 t$	$6 d_L$ or $12 t$
Mountings of elastomer seals	–	$12 t$

4.3.2 Minimum diameter of bolts and rivets

The nominal diameter of bolts and rivets shall be at least 16 mm.

4.3.3 Hole pitches for bolts and rivets

The following table partially replaces DIN 18800-1, table 7, with t being the thickness of the thinnest of the external parts of the connection and d_L being the hole diameter.

The smaller value shall be taken in each case.

4.3.4 Securing of bolts

Only adhesive or hexagonal nuts to DIN EN 24032, DIN EN 24034 and DIN EN 24035 may be used as counternuts or securing bolts.

Prestressed bolts do not require additional securing.

1.4 Welded connections

1.4.1 Fillet welds

Interrupted welds are only permitted on elements embedded in concrete, with the distance of the free concrete surface to the fillet weld interruption being at least 100 mm (see figure 1).

As a departure from DIN 18800-1, item (519), the minimum throat thickness shall be 3 mm.

Single-sided fillet welds are only permitted for closed profiles (e.g. hollow stiffeners) and elements embedded in concrete.

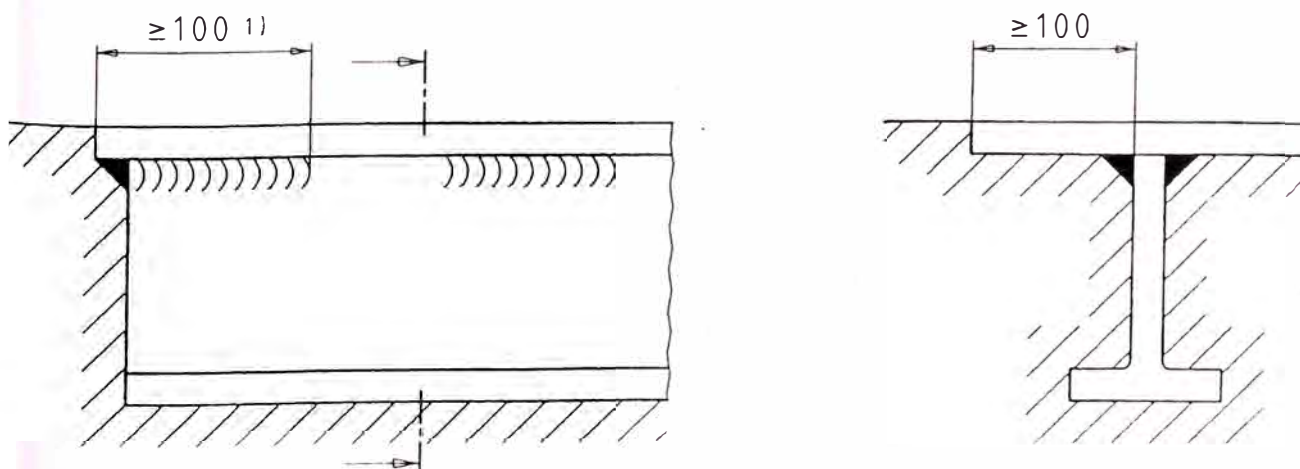
Slot welds on loadbearing members should be avoided wherever possible.

1.4.2 Butt welds

The design of butt welds for plates differing in thickness perpendicular to the line of force shall differ somewhat from that specified in DIN 18800-1, element (515), in that edges abutting by more than 3 mm are to be bevelled to a slope of 1 : 4 or less, and backing strips made from steel on the root side of butt welds are to be welded on both sides unless they are located in sealed hollow structures.

1.4.3 Flange plates

In the case of flange plates, the slope of the face fillet weld shall be bevelled to 1 : 2 or less, and the slope of additional flange plates to 1 : 4 or less.



Values apply to both sides.

Figure 1: Interrupted fillet welds

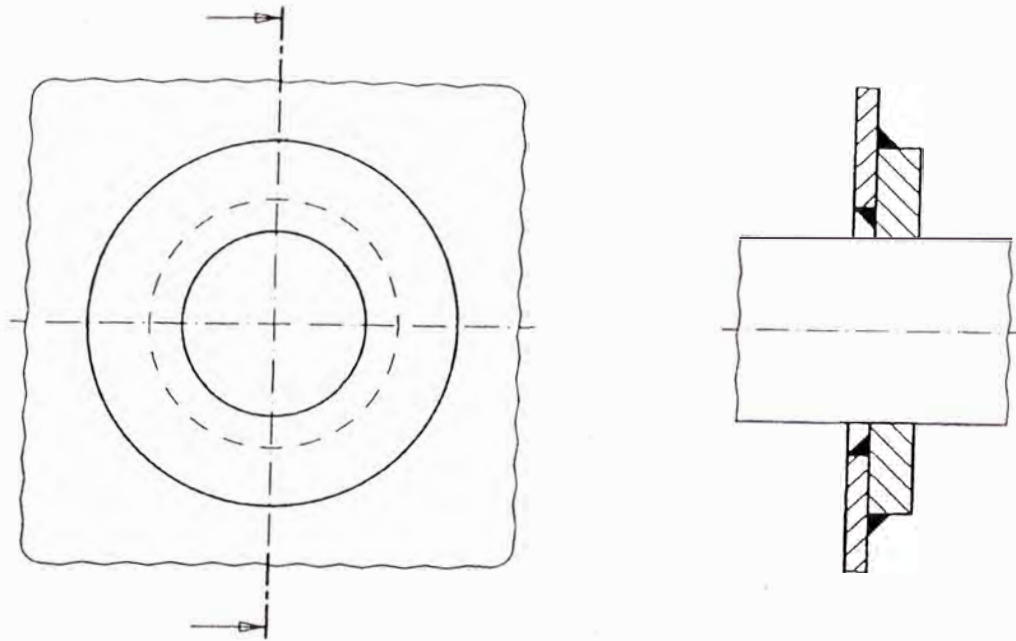


Figure 2: Welding of reinforcement plates

4.4.4 Welding of cold worked components

Welding of cold worked components that are made from unalloyed structural steel to DIN EN 10025 and are not subjected to predominantly static loading shall be subject to the client's consent in each particular case.

4.4.5 Welding of loadbearing members

Welds in loadbearing members, whether subjected to predominantly static loading or not, shall meet at least the requirements of quality level B and C to DIN EN 25817, respectively.

4.4.6 Special precautions

Welding at low temperatures shall be permitted only with the consent of the client and on condition that special precautions are taken.

4.5 Axle supports

Axle support plates and hubs shall consist of a single unit, considered in the direction of their depth.

If, for the support of axles, etc., reinforcement plates are used instead of hubs, they shall be of circular form and welded on along their external and internal diameter (see figure 2).

4.6 Cut-outs

The radius of cut-outs should be as great as possible, but not less than 40 mm.

4.7 Filler plates

Submerged filler plates shall be provided as a single layer to fit exactly and finish flush with the edges, unless otherwise agreed with the client.

5 Fabrication of steel structures

5.1 Manufacturer's approval

Companies which fabricate hydraulic steel structures shall be in possession of the comprehensive certificate of approval to DIN 18800-7 with an adjunct covering the fabrication of welded steel structures subjected to non-predominantly static loading.

5.2 Tolerances

5.2.1 General

For embedded elements of fixed wheel gates and sliding gates, radial lock gates, flap gates and mitre gates, fabrication and erection inaccuracies should not exceed the tolerances given below.

For inspection and other gates, as well as for special cases (e.g. installation of fixed elements under water), the magnitude of the tolerances shall be specified by the client.

The tolerances given are applicable for cases where water pressure is not to be taken into account.

2.2 Tolerance classes

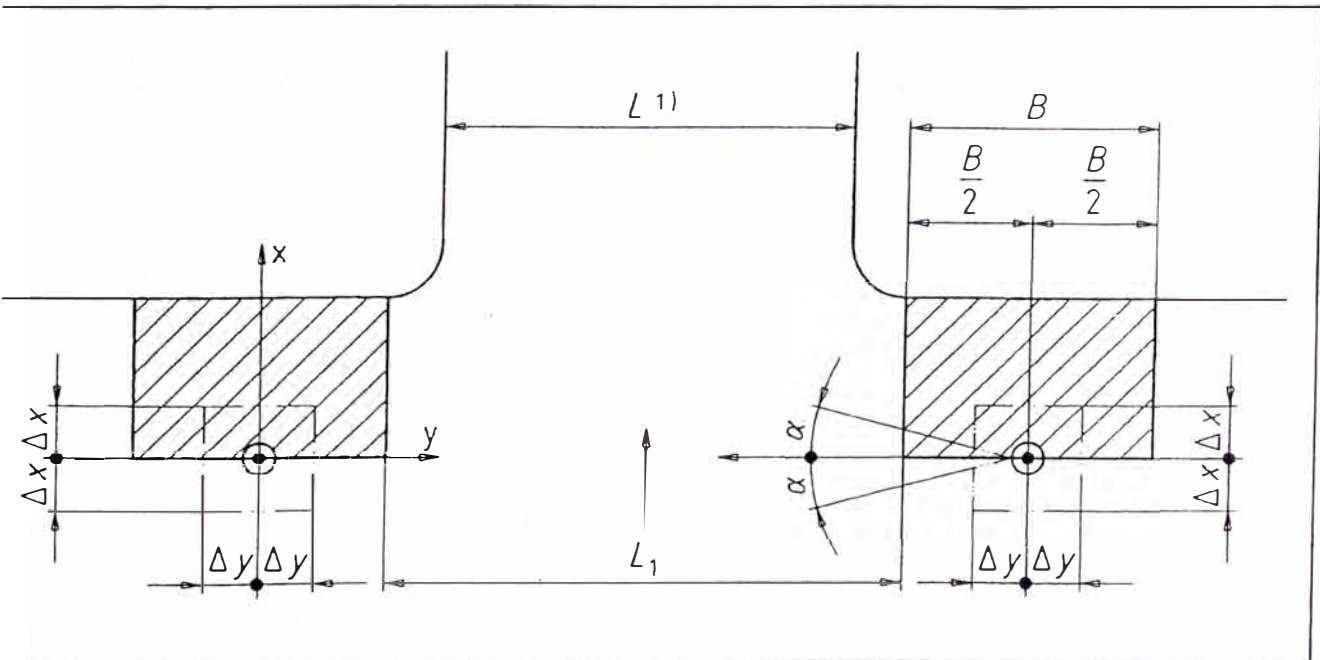
See tables 3 to 6 for tolerance classes 1 and 2. As a rule, tolerance class 1 shall apply, with tolerance class 2 covering any special requirements specified by the client.

2.3 Tolerances for embedded elements

All the dimensions in tables 3 to 6 refer to the nominal position of the elements concerned.

Tolerances covering the distance of rails positioned opposite each other in the direction of flow shall be specified as a function of the type of rear guide roller.

Table 3: Tolerances for embedded elements for fixed wheel gates and sliding gates



Elements / tolerated feature		Tolerance class 1	Tolerance class 2
Rails / straightness at right angles to direction of flow, for	$L < 5000$ mm	$\Delta y = 2$ mm	$\Delta y = 1$ mm
	$L > 25000$ mm	$\Delta y = 4$ mm	$\Delta y = 2$ mm
	$L < 5000$ mm	$\Delta L_1 = \pm 2$ mm	$\Delta L_1 = \pm 1$ mm
	$L > 25000$ mm	$\Delta L_1 = \pm 4$ mm	$\Delta L_1 = \pm 2$ mm
Intermediate values to be obtained by linear interpolation.			
Rails / straightness in direction of flow		$\Delta x = 2$ mm	$\Delta x = 1$ mm
Rails / straightness over length of 2000 mm		$\Delta x = 1$ mm	$\Delta x = 0,5$ mm
Machined rails / cross fall		$\tan \alpha = 0,002$	$\tan \alpha = 0,002$
Sealing faces Function of rails			
Ground sill /straightness over entire length, for	$L < 5000$ mm	$\Delta z = 1$ mm	$\Delta z = 1$ mm
	$L > 25000$ mm	$\Delta z = 3$ mm	$\Delta z = 2$ mm
	Intermediate values to be obtained by linear interpolation.		
Ground sill / straightness over length of 1000 mm		$\Delta z = 1$ mm	$\Delta z = 1$ mm
Clearance.			

Table 4: Tolerances for embedded elements for radial lock gates

No.	Elements / tolerated feature	Tolerance class 1	Tolerance class 2
1	Lateral guide rollers and seals / straightness for $L < 5000$ mm	$\Delta y = 2$ mm	$\Delta y = 1$ mm
2	$L > 25000$ mm	$\Delta y = 4$ mm	$\Delta y = 2$ mm
Intermediate values to be obtained by linear interpolation.			
3	Lateral guide rollers and seals / straightness over length of 1000 m	$\Delta y = 2$ mm	$\Delta y = 1$ mm
4	Pivot bearings / axial misalignment for $L < 5000$ mm	$\Delta x = \Delta z = 1$ mm	$\Delta x = \Delta z = 1$ mm
5	$L > 25000$ mm	$\Delta x = \Delta z = 3$ mm	$\Delta x = \Delta z = 2$ mm
Intermediate values to be obtained by linear interpolation.			
6	Pivot bearings / parallelism of axes	$\tan \alpha = 0,002$	
7	Ground sill / straightness over entire length, for $L < 5000$ mm	$\Delta z = 1$ mm	$\Delta z = 1$ mm
8	$L > 25000$ mm	$\Delta z = 3$ mm	$\Delta z = 2$ mm
Intermediate values to be obtained by linear interpolation.			
9	Ground sill / straightness over length of 1000 mm	$\Delta z = 1$ mm	$\Delta z = 1$ mm
1) Clearance. 2) Δx or Δz . 3) Notional axis.			

Table 5: Tolerances for embedded elements for flap gates

No.	Elements / tolerated feature	Tolerance class 1	Tolerance class 2
1	Side plating / flatness over entire surface	$\Delta y = 4$ mm	$\Delta y = 2$ mm
2	Side plating / flatness over length of 1000 mm	$\Delta y = 3$ mm	$\Delta y = 1,5$ mm
3	Pivot bearing / axial misalignment where there are more than two bearings	$\Delta x = \Delta z = 0,5$ mm	$\Delta x = \Delta z = 0,5$ mm

Table 6: Tolerances for embedded elements for mitre gates

lo.	Elements / toleranced feature	Tolerance class 1	Tolerance class 2
1	Gudgeons and pintle bearings / misalignment	$\Delta x = \Delta y = 2 \text{ mm}$	$\Delta x = \Delta y = 1 \text{ mm}$
2	Wall plates and hollow quoin posts / misalignment	$\Delta y = 2 \text{ mm}$	$\Delta y = 1 \text{ mm}$
3	Mitre brackets of hollow quoin and mitre posts / maximum gap width (with gate in closed position)	$s = a \cdot 10^{-4}$ where a is the shorter distance between two adjacent brackets, in mm	$s = a \cdot 10^{-4}$

2.4 Tolerances for gates

Tolerances for gates shall be harmonized with those for embedded elements, if this is required for functional reasons.

The deviation from parallelism of the axles of gates with fixed wheels, $\tan \alpha$, shall be not greater than 0,0005.

If the gates are not fully assembled or preassembled in the production shop, suitable means for their adjustment during erection shall be provided in their design.

If sealing faces are situated on the gate body, the tolerances from subclause 5.2.2 shall apply by analogy.

3 Testing of welds

Radiographic examination of welded connections by X or gamma rays shall be as specified in DIN EN 1435, with requirements complying with those for class B from the same standard. Radiographic film images shall comply with image quality class I to DIN EN 462-3.

Ultrasonic testing shall be carried out by a qualified test house in line with *AD-Merkblatt* HP 5/3. The requirements relating to class B (as above) shall be applicable. The results shall be converted into quality levels as in DIN EN 25817 using the procedure specified in *DVS-Merkblatt* 0704.

Testing of hollow structures

The tightness of hollow structures such as flotation chambers or heating pockets shall be verified by means of pressure testing using a proof pressure of 0,3 bar over a minimum duration of six hours.

Stainless steels

Elements and components made from stainless steel shall be handled carefully at the location of their fabrication and on site. In particular, they shall be protected against soiling and damage (e.g. from grinding and welding spatter).

After completion of all work, stainless steel surfaces shall be cleaned using rotating stainless steel brushes or sanders or polishers made from a suitable material, or by equivalent means. They shall then be rinsed thoroughly in clean water. Any tarnish on the water side shall be removed from surfaces exposed to water.

Combined use of structural steel and stainless steel

The risk of electrolytic corrosion shall be taken into account when stainless steel is used in conjunction with alloyed structural steel, the degree of such corrosion being a function of the potential difference, the ratio of areas of the conducting metals in contact with each other, and the conductivity of the electrolyte (see DIN EN ISO 12944-3).

Elements made from stainless steel are grouted, the ties and stiffeners embedded in the concrete may be of alloyed structural steel provided the concrete cover is 60 mm thick or more.

Corrosion protection

1 Machining of edges and welds

To ensure corrosion protection, all external machined edges shall be chamfered, and any scale on welds shall be removed by grinding.

2 Coating

Steel hydraulic steel structures are exposed to severe corrosion attack, frequently in conjunction with mechanical and biological stresses, importance shall be attached to passive corrosion protection in the form of thick, abrasion-resistant paint systems (see table A.5 of DIN EN ISO 12944-5).

Surfaces of bolted and riveted connections in direct contact shall be provided with the required coating prior to assembly.

5.7.3 Cathodic protection

To prevent corrosion of gates and other structures which are permanently in contact with water (e.g. canal bridge troughs), the additional installation of cathodic protection systems can be useful (active protection). These can take the form of electroplating or impressed-current systems. Thorough preliminary investigations (water analyses, supply measurements, etc.) are required prior to their rating and installation. Adequate preparation for cathodic protection systems (i.e. for accommodation of anodes, cables and guard circuits) shall already be made at the design stage.

6 Seals

6.1 Materials

Seals may consist of the following material combinations:

- a) elastomer and metal;
- b) plastics (e.g. PA, PE) and metal;
- c) wood and metal;
- d) metal and metal.

6.2 Design

Seals shall be easily replaceable and accessible.

Deformation of the gate shall be taken into account when engineering the sealing system.

Adjustable seals shall be selected if the deformation of the gate and the wear of the seals are likely to equal the seal clearance.

In the case of bottom seals, the rubber elements (uncompressed) should protrude by about 5 mm in order to compensate for unevenness in the sealing face. If the tightness is nevertheless unsatisfactory, additional adjustments will be required (e.g. by retightening seal bolts).

Weld-on steel stud bolts are not permitted for fixing seals. The use of weld-on nuts, cap nuts and screws is not recommended.

6.3 Seal sliding faces and stop faces

Sliding faces in contact with rubber seals shall be made from either stainless steel or coated structural steel. Where there are large sliding faces (e.g. for lateral seals of radial or lap gates) and high water conductivity (as in the case of seawater, brackish water and heavily contaminated river water), the use of coated structural steel is to be given preference. Coatings shall meet stringent requirements with regard to adhesion, hardness, evenness, smoothness and resistance to elevated temperatures. As regards the surface roughness of seals, the arithmetic mean deviation of the profile, R_a , shall be not greater than 3,2 μm . The coating shall be designed to withstand severe mechanical stress as defined in subclause B.2.2 of DIN EN ISO 12944-2.

If seals are designed to lose contact with the sliding face while the gate is in motion, transitions shall be flattened.

Taking into account the deformation and the play when the gate is in motion, the width of stop faces or sliding faces shall be designed so that the faces protrude by at least 25 mm on either side.

6.4 Rubber seals

It shall be possible to adjust adjustable seals within small ranges, even after any coating has been applied. Adjusting devices shall be made from stainless steel.

Seals shall compensate for any unevenness of the sliding faces by being appropriately prestressed and of suitable elasticity, even in the absence of water pressure, and shall retain their sealing function throughout.

Moulded corner pieces shall be used for perimeter seals having the same or similar cross sections.

Jointing of seals shall be by vulcanizing using a joint mould or an equally effective method.

ISO 3302-1 shall apply with regard to seal tolerances. For extruded seals, accuracy grade E2 shall apply, and for compression-moulded seals, grade M3.

The Shore hardness shall be selected as a function of the intended use, (65 \pm 5) Shore A hardness being used in the most common applications.

The seal materials shall comply with at least the specifications of table 7.

Clamping and spacer strips shall be rounded or chamfered on the seal side.

6.5 Sealing timber

Solid oak timber of grade A to DIN V ENV 1995-1-1 shall be used as sealing timber.

Table 7: Material characteristics for rubber seals

Characteristics and test criteria	Unit	Testing to	Requirements for rubber of types	
			NR ¹⁾ and SBR ¹⁾	CR ¹⁾
Tensile strength	N/mm ²	DIN 54504	≥ 20	≥ 17
Compression set (24 h; 70 °C) %	%	DIN 53517	≤ 25	≤ 20
Resistance to ozone (24 h; 50 pphm)	–	DIN 53509-1	Cracks, class 0	Cracks, class 0
Abrasion	mm ³	DIN 53516	≤ 120	≤ 100
Water absorption (25 °C)	%	–	≤ 5	≤ 5
Resistance to seawater ¹⁾ (28 days, 95 °C)		DIN 86076	–	
Change in hardness		DIN 54505		≤ 5
Change in volume	%			≤ 5
Resistance to oil ²⁾	–	TL 91843	–	G II

¹⁾ Symbols taken from ISO 1629.
NR: natural rubber;
SBR: styrene-butadiene rubber;
CR: chloroprene.
²⁾ For seals exposed to sea or brackish water.
³⁾ For seals in contact with oil and grease.

5 Leakage

shall be the responsibility of the client to specify the permissible rate of leakage of water through gates.

Prevention of icing

Heating of sealing faces

shall be the responsibility of the client to specify the surfaces to be heated. Seal heaters shall be designed to prevent the formation of ice at air temperatures down to –20 °C.

Heated surfaces should be warmed just enough to keep their temperature above freezing point.

Surfaces are to be conventionally warmed:

- by heating elements positioned in cavities;
- by electrical heating elements (strip or grid) fixed to the surfaces.

Heating elements shall be installed with adequate protection against environmental influences, and shall be removable. Thermal conduction may be improved by filling existing cavities with an appropriate frost-proof heat transfer fluid whose level shall be capable of being monitored and maintained. Temperature-related fluctuations in the volume of the fluid shall be taken into account. In general, the temperature of the heating system could be adjustable.

6 Water circulation

Water circulation enables the heat stored in deeper water to be used to prevent the formation of ice on the gate. For this purpose, the following systems may be used:

- pressurized water systems;
- air bubbler systems;
- mechanical circulating systems (e.g. mixer plant).

Devices for pressurized water and air bubbler systems shall be made from stainless steel. It shall be possible to flush or blow air through them for cleaning purposes. The outlets should be located as deep as possible in the water and fitted with screw nozzles.

Compressors for air bubbler systems shall be equipped with a downstream filter system that prevents the concentration of residual oil exceeding 0,01 mg/m³ at 20 °C.

The output of the system should be at least 1 l/s per metre of pipe length in the air outlet zone.

Where there are several gates, it should be possible to operate air bubble pipes separately.

8 Embedded elements

8.1 Installation

Embedded elements whose accuracy to gauge is a major factor, such as bottom seal contact faces, guide rails, seal sliding faces and stop frames, should generally be installed in duly prepared recesses, after which they shall be aligned and grouted. The recesses shall be large enough to enable the trouble-free placing of second-stage concrete and compaction by internal vibrators. Steel ties should be fitted in the recesses to which the elements to be embedded can be fastened for alignment purposes.

Ingress of water in joints between concrete and steel elements shall be prevented. Care shall be taken to ensure proper adhesion between first-stage and second-stage concrete (e.g. by the use of ties or projecting reinforcement, application of tack coats, sandblasting of the first-stage concrete, or other suitable measures).

Embedded elements shall be fixed so as to enable their proper installation and grouting, and to ensure satisfactory transmission of loads. Any ties affecting the loadbearing function shall grip into both the second-stage and first-stage concrete.

However, if elements are to be embedded without being tied, suitable measures shall be taken to keep them in the correct form and position during the concreting operations and until the concrete has sufficiently set.

If a cathodic protection system is foreseen, the gate, including any embedded steel elements, and the conductive parts of the solid structure (i.e. reinforcement and sheet piles) shall be kept isolated.

8.2 Concreting

Loads occurring as a result of concrete pressure on the formwork shall not be transmitted to the embedded elements. These shall be checked for their correct position before and after grouting.

8.3 Joints

If embedded elements cross construction or movement joints in the concrete, special structural measures are generally required (e.g. interruption of bottom seal contact face).

8.4 Rails and guide rails

Rails, including guide rails, of frequently operated gates (e.g. lock gates) shall be replaceable on the basis of the anticipated wear.

Countersunk bolts shall not be fitted in the crown of rails.

There shall be no joints in rails at points of high wheel pressure. Where unavoidable, joints should be mitred at an angle of 45°.

Any differences in height of rails shall be levelled out.

Rails and sleepers shall be frictionally connected to enable direct load transmission.

For rails made from unalloyed structural steel as the base material and with a stainless steel crown (e.g. applied by deposit welding or explosive cladding), the minimum thickness of the crown should still be 6 mm after mechanical machining. Subclauses 7.7.4 and 10.22 of DIN 19704-1 shall be observed. Deposit welding shall be with at least three runs.

9 Design principles for machinery

9.1 Support and guidance of gates

Fixed wheel gates shall be provided with lateral guide rollers. In the case of fixed axles, this shall be by means of single flanged wheels or by means of lateral guide rollers, and in the case of roller trains, by means of double flange wheels and lateral guide rollers.

Lateral guide roller rollers or skids shall either be spring-mounted or have reasonable clearance. Care shall be taken to ensure the unhindered interaction of lateral seals and lateral guide rollers. If the gate is centrally suspended, each side shall be guided at a minimum of two points.

Radial lock gates should also be equipped with lateral guide rollers.

For gates with double-acting drive, whose wheels will alternately contact two rails on opposite sides, additional spring-preloaded rear guide rollers should be provided.

9.2 Drives

9.2.1 Accessibility

Mechanical or hydraulic drives shall be easily accessible. Components that require adjustment or regular servicing (e.g. limit switches, lubrication points, hydraulic filters) shall be easily accessible. Hydraulic components should be clearly positioned on the power units.

9.2.2 Speed of gate

Gates shall be accelerated and decelerated within a reasonable time as a function of the design type, mass and travel time.

Gates shall approach the end position at a speed not exceeding 0,1 m/min to 1,0 m/min, depending on their type and mass.

9.2.3 Switch-off at end position

Preferably, drives should be switched off at their end position by limit switches that are automatically actuated when the gate reaches a certain position. If, for operating reasons (e.g. closing pressure), drives are to be switched off as a function of load or pressure, position-actuated limit switches shall be used to control the movement of the gate to end position (see subclauses 4.6 and 5.1 of DIN 19704-3).

9.2.4 Synchronization monitoring and closed loop control

The synchronous operation of gates with double-acting drives shall be monitored, except for drives of gates of large torsional stiffness such as radial or flap gates, or drives with a shaft.

In order to ensure the synchronous operation of drives, mechanical/electrical, mechanical/hydraulic or hydraulic/electrical synchronization closed loop control systems may be used.

Synchronization monitoring and closed loop control systems shall operate as a function of the position.

A position sensing system is required on either drive side. The local control cabinet shall be fitted with a digital position indicator.

9.2.5 Position sensing systems

Gates which can be operated to stop at any pre-selected position in addition to the end positions shall be fitted with a position sensing system. It shall be the responsibility of the client to specify the type of display (i.e. digital, analogue, or mechanical) to be used.

Position sensing systems shall be designed to rule out any risk of icing or blocking.

For hydraulic drives, position sensing systems located in the cylinder shall be removable without the cylinder having to be emptied.

9.2.6 Overload protection

Drives shall normally be fitted with an electrical overload protection device, which shall be designed in line with the specifications of subclause 4.7 of DIN 19704-3.

Protective equipment in the form of couplings with an electrical switch-off device shall be arranged so that they do not hold the load while the drive is at rest.

Seals of overload protection devices shall not be broken when the gate is in operation.

9.2.7 Manual drives

Mechanical drives shall be equipped with manual drives for adjustment and maintenance work. Once the manual drive is activated, the main drive shall be automatically disconnected from power or disengaged. In the case of gates with double-acting drive, this applies to both drive units.

Manual drives shall be automatically made inoperative when the gate is operated electrically. The brake of the main drive shall be capable of being released only after the manual drive has been engaged, and so that it must be applied again before the manual drive can become disengaged.

Manual drives shall be fitted with an automatic friction disc brake (which shall act in both directions, where required) or be designed with a self-locking mechanism. See subclause 10.1.9. for manual hydraulic drives.

10 Design principles for special machine components

10.1 Hydraulic drives

10.1.1 General requirements for hydraulic cylinders

Hydraulic cylinders should be positioned to prevent the piston rod being submerged in flowing water, thus preventing damage from flotsam and ice. If this is not possible, guards shall be provided. The use of bellows is not permitted.

Hydraulic cylinders shall be hinged at both ends on bearings to allow them to move freely to all sides, unless bending is precluded owing to restraint. Flanged cylinders (except for locking cylinders) may be used in cases where the cylinders are arranged vertically and their correct guidance is ensured, and the play in the gate movement can be minimized.

Any additional support of hydraulic cylinders (i.e. three-point support) may only become effective when the cylinder is depressurized.

At the end positions of gates, hydraulic cylinders shall have sufficient internal clearance between the piston and the covers, unless a stop is provided in the design.

For cylinders in compression, the piston rod and front bearing head of the cylinder barrel shall have an overlap equal to at least $1,5 D$ as the centre distance between guides (D being the internal barrel diameter).

Cylinders which are temporarily or permanently pressurized at system pressure shall be isolated so as to be leaktight in the direction of loading by being flanged-mounted on shut-off or control manifolds. Control manifolds shall be equipped with manually operated stop valves between the cylinder and the shut-off valve.

It shall be the responsibility of the client to specify details of monitoring leakage where cylinders are submerged temporarily or over prolonged periods.

Both cylinder chambers shall be permanently filled with oil. If the gate is lowered without the pumps running, it shall be ensured that the unpressurized chamber is filled with oil.

To enable proper bleeding of cylinders, pressure tappings shall be provided at suitable locations. If required, suitable procedures shall be specified for assembly and filling of cylinders.

10.1.2 Design and fabrication of hydraulic cylinders

10.1.2.1 Cylinder barrels

Cylinder barrels shall be fabricated from seamless steel tubes, where possible without joints, and shall normally be designed to enable flanges to be connected at both ends.

The cylinder bore shall be finished to a surface roughness corresponding to an arithmetic mean deviation of the profile, R_a , of less than 0,4 μm .

If bracing rings are welded to the barrel, this shall be finished after welding.

10.1.2.2 Piston rods

Piston rods, including those for hydraulic cylinders designed as specified in subclause 10.2 of DIN 19704-1, shall be fabricated either from

a) stainless steel with a chromium content of not less than 15,5 % (m/m) and a multilayer hard chromium plating with an overall thickness of not less than 50 μm

or

b) unalloyed steel with an oxide ceramic coating.

It shall be the responsibility of the client to specify constructional details.

Surfaces should be finished so that in both cases the R_a value is less than 0,3 μm .

Ceramic coatings shall be designed to rule out corrosion of the substrate. It should be homogeneous, scratch-resistant, free of cracks and non-conductive, and shall have a thickness of at least 150 μm and a surface hardness of 800 HV to 1000 HV.

Subsequent sealing of pores is not permitted.

The corrosion resistance of oxide ceramic coatings shall meet the requirements for the DIN 50021-ESS test over an exposure period of 1 000 hours.

Piston rods shall be fabricated as single units unless otherwise justified.

10.1.2.3 Mountings and connections

Piston rods with piston rod heads, which are fitted with spherical plain radial bearings, shall generally be connected to the gate or the supporting structure.

The connection of the rod to the rod head should be designed with male thread on the rod.

The thread of the rod heads shall be sealed against the ingress of water. Any holes for securing safety equipment shall not be drilled into the thread, and shall be sealed.

If cylinders are mounted by means of clevises, these should be fabricated as single units. Welds in clevises in tension shall be butt welds.

Where there is journal or cardanic bearing of the cylinders, all bearings shall be self-lubricating. Contact faces of bearing pins shall be made from stainless steel.

10.1.2.4 Guides and seals

Guides for pistons and piston rods shall generally be made from copper alloys. The use of plastic guides is also permitted.

Only multi-lip systems shall be used for sealing. Any build-up of drag flow pressure shall be precluded.

The seals used between components without counter-movements (such as between cylinder head and barrel) shall be O-ring seals with diameters of not less than 125 mm, fitted with additional back-up rings.

Where piston rods pass through the cylinder head, the latter shall be fitted with dirt wipers, and with serrated ice scrapers if there is a risk of ice formation.

Where cylinders are designed to be used under water, additional seals within a corrosion-resistant housing shall be provided to prevent water being sucked in.

10.1.3 Passages of piston rods and linkages

Seals for sealing the piston rods and linkages against the water pressure present in the gate shaft shall be accommodated in housings mounted on the cover. These shall be equipped with guide bushes, dirt wipers and at least one multi-lip seal. A lubrication point shall be provided for frequently moved rods. There shall be sufficient clearance between seal housing and cylinder head to ensure adequate accessibility for servicing.

IN 19704-2 : 2000-00 0.1.4 Further components of hydraulic systems

0.1.4.1 General

Pressure shall be generated by positive displacement pumps with a constant or continuously variable output. Pumps with a widely variable output are recommended for systems involving heavily fluctuating flows.

It shall be possible to replace motors and pumps without having to remove other components. Motors shall be mounted on vibration isolators.

Where possible, all the equipment required for the control of the hydraulic system, such as flow control valves, pressure relief valves, etc. shall be in well ordered arrangement on the same control panel. The actuator ports shall be directly connected to the manifolds.

For electrically operated valves, DC wet-pin solenoid valves should be used wherever possible. Such valves shall be fitted with an easily accessible manual override with a detent facility.

Proportional flow control valves shall be provided with facilities for smooth adjustment of the devices associated with the main piston.

The functions of the solenoid valves shall be indicated by LEDs, except for proportional valves and servo-valves.

The electrical connection for any electrically actuated components such as valves, pressure switches and float switches shall be made via plug-in connections.

Depending on the system size, pressure gauges shall be provided in a sufficient number and in general with a diameter of 100 mm. They shall be provided with glycerine fill and a manual stop valve.

0.1.4.2 Pressure relief valves

The following pressure relief valves shall be provided as a minimum for protecting the system (see subclause 5 and figure 5 of DIN 19704-1):

- valve to release pressure in the hydraulic cylinder during motion (DV1);
- valve to release pressure in the hydraulic cylinder for load case 3 (DV3);
- valve to release pressure in the hydraulic system, generally at the pump outlet (DV2).

Valves of types DV1 and DV3 shall be direct operating, and shall be located together with the shut-off valves directly at the cylinder. Pressure relief valves shall be sealed after trial operation.

0.1.4.3 Hydraulic oil filters

Hydraulic stations shall be fitted with at least one return line filter of 20 µm maximum pore size, with one-way filter elements. The use of paper filters is not permitted. The filter system shall be suited to the components used.

The nominal flow of the filter should be at least four times the maximum flow. All filters shall be provided with visual clogging indicator, with an electrical connection and a bypass valve having an opening pressure of 0.5 bar.

0.1.4.4 Hydraulic accumulator systems

Diaphragm-type or piston-type accumulators with or without downstream gas vessel and gas precharging are to be used as hydraulic accumulators.

The design of and acceptance procedure for hydraulic accumulator systems shall be as specified in the EN 24552 series of standards.

1.5 Hydraulic fluids

In any leakage in the hydraulic system is likely to cause the hydraulic fluid to come into contact with the water (e.g. in the case of an accident), the use of biodegradable fluids should be given preference over those based on mineral oils. Where synthetic esters or polyglycols are used, due attention should be paid at the design stage and when handling the fluids during maintenance and operation. Triglycerides are not suitable for use together with hydraulic steel structures owing to their ageing behaviour.

It shall be the responsibility of the client to specify the type of fluid to be used.

It should be noted, however, that the use of biodegradable fluids does not confer immunity from the obligation to prevent any leakage of these fluids.

Hydraulic fluids will generally be suitable for use at temperatures from -25 °C to +60 °C.

Topping up of the system and subsequent topping up may only be by means of filters with a pore size that meets the requirements specified in subclause 10.1.4.3.

1.6 Hydraulic station

It shall be the responsibility of the client to specify the design of the hydraulic station to suit the local conditions. The station may be an assembly (e.g. oil reservoir with mounted motor/pump units and control unit) or consist of individual units (e.g. oil reservoir, pumping station, valve assembly, and accumulator station, if any).

Oil reservoirs shall be designed so as to accommodate four times the volume of the maximum flow supplied by the pump(s) in one minute, plus the differential volume of all connected cylinders, plus the contents of the rod chamber of the largest connected cylinder plus the contents of the associated pipework.

The distance between the ends of suction and return lines shall be as large as possible.

The inlet of the suction pipe shall be designed for optimum flow (i.e. at least with the end cut at an angle).

The upper and lower edges of suction pipe inlets shall be at a reasonable distance from the reservoir bottom and be located sufficiently deep below the lowest fluid level (i.e. the level where the float switch responds).

Reservoirs shall be designed to have a sloping bottom, drain valve, access openings, permanent oil level indicator and float switch (the latter being removable without this requiring the removal of other components).

Fillet welding should be double-sided whenever possible.

Venting the reservoir shall be via a humidity adsorber with transparent container. Any air escaping when the fluid level rises shall not be directed through the adsorber. Openings in the reservoir shall be plugged airtight.

There should be no fittings and valves within the fluid reservoir.

If the rooms for drive systems cannot be designed as specified in subclause 3.3, the fluid reservoir shall be installed in a sheet steel tray having the same nominal capacity as the reservoir.

Hydraulic variable displacement pumps should be installed next to the reservoir in a manner enabling their convenient maintenance. Suction lines shall be equipped with a manually operated shut-off valve provided with a limit switch.

The required total flow should be shared by at least 2 motor/pump units.

10.1.7 Pipework

10.1.7.1 General

When determining the routing of pipes, attention should be given to good accessibility. Pipes shall be spaced element for easy mounting of fittings and flanges, and should not be laid on top of one another.

Movable elements and connections and movement joints shall be fitted with flexible hydraulic hoses. Only hoses conforming to DIN 20066, used in conjunction with corrosion-protected fittings, are permitted. The installation instructions specified in DIN 20066-4 shall be observed. The use of rotary joints is permitted.

If the laying of pipes or hose in flowing water or in its immediate vicinity cannot be avoided, protective measures against flotsam shall be provided.

Pipes shall be fitted with manually operated shut-off valves for partial shutdowns, at least at the ports of the hydraulic station and at the ports of hydraulic cylinders and hydraulic motors. It shall be the responsibility of the client to specify the provision of any additional shut-off valves (e.g. on hoses).

It shall be possible to depressurize the whole system (or separate compartments, if required).

Manually operated shut-off valves outside the rooms for drive systems shall have a galvanized body and stainless steel internal components.

Proper bleeding of the piping system shall be ensured, with pressure tappings recommended for this purpose.

10.1.7.2 Flow rates

The design of hydraulic pipework shall be based on the following guideline values for the maximum flow:

pressure lines (supply and return):	3,0 m/s for sizes up to DN 40;
	5,0 m/s for sizes of DN 40 and larger;
pilot oil return and leakage lines:	1,0 m/s for sizes up to DN 40;
	1,5 m/s for sizes of DN 40 and larger;
pump suction lines:	0,6 m/s.

10.1.7.3 Pipes and fittings

It shall be the responsibility of the client to make a selection among the following combinations of connections.

- 1) Pipes of size smaller than DN 40 located inside the rooms for drive systems and the hydraulic station:
 - a) precision tubes made from unalloyed steel and pipe jointing using unalloyed steel compression couplings;
 - b) precision tubes made from unalloyed steel and pipe jointing using unalloyed steel weld-on nipples with O-ring seal;
 - c) precision tubes made from unalloyed steel and pipe jointing using unalloyed steel flared fittings with double cone with O-ring seal;
 - d) precision tubes made from stainless steel and pipe jointing using stainless steel weld-on nipples with O-ring seal;
 - e) precision tubes made from stainless steel and pipe jointing using stainless steel flared fittings with double cone with O-ring seal.
- 2) Pipes of size smaller than DN 40 located outside the rooms for drive systems:
 - f) precision tubes made from stainless steel and pipe jointing using stainless steel weld-on nipples with O-ring seal
 - g) precision tubes made from stainless steel and pipe jointing using stainless steel flared fittings with O-ring seal.

IN 19704-2 : 2000-00

3) Pipes of size DN 40 or greater:

- h) pipes made from unalloyed steel, of 6 mm minimum wall thickness and pipe jointing using unalloyed steel weld-on flanges;
- i) pipes made from stainless steel and pipe jointing using stainless steel weld-on flanges.

The external diameter of pipes downstream of the hydraulic station should be at least 16 mm.

Changes in direction of the pipe run should preferably be made by bending the tubes, without this leading, however, to significant changes in their cross section.

Pipes should be fixed to or supported on plastic pipe brackets arranged on a zinc-plated supporting structure. The minimum distance of pipes from the wall or floor shall be equal to about 2 DN. It shall be the responsibility of the client to indicate whether the bearing structure and fasteners are to be made from stainless steel (e.g. coastal areas). The distance between pipe brackets shall be as specified in DIN 24346.

For weld-on cones and flanges, welds shall be dressed internally. Pipes made from unalloyed or low-alloy structural steel shall be pickled on the inside and protected against corrosion until installation, prior to which they are to be cleaned once again. The entire pipework shall be flushed before commissioning.

1.1.7.4 Pipe failure monitoring

The hydraulic pipework shall be equipped with monitoring devices designed to cut off the drives electrically in the event of pipe or hose failure. The use of automatic shut-off valves that switch off the drive as a function of the flow is not permitted.

1.1.8 Changes in gate position

Changes in the position of the gate as a result of unavoidable, internal leakage and changes in the volume as a result of changes in temperature of the hydraulic system shall be taken into account, monitored and automatically adjusted, if required.

1.1.9 Manual and emergency drives

Hand pumps shall be provided for adjustment and servicing work. For systems equipped with pilot-operated drives, separate manually operated valves or separate supply systems to the connected pressure and pilot lines are to be provided. The latter may be connected to the hand pump via a flexible pressure hose fitted to a quick-release coupling.

In order to ensure minimum functionality of the system at all times, emergency pump power units may be used which are either firmly installed or can be connected via quick-release couplings and are powered by external energy sources (e.g. internal combustion engines, battery-operated DC motors).

It shall be the responsibility of the client to specify the type of emergency drive to be used.

1.1.10 Marking

Hydraulic components shall be identified by the item number given on the hydraulic circuit diagram. For electrically operated components, the entries from the electrical circuit diagram shall also be included. All pipe fittings also require to be identified. It shall be the responsibility of the client to specify any further information to be given.

1.1.11 Corrosion protection

Welded structures made from unalloyed structural steel (e.g. oil reservoirs, supporting frames and valve cones) shall be derusted to preparation grade Sa 2½ prior to application of the corrosion protection (as in EN ISO 12944-4).

The corrosion protection system used for the hydraulic system shall be compatible with the fluid used.

1.2 Brakes

Drum brakes used should be external double-shoe drum brakes with powered release system. In the case of frequently operated gates (e.g. lock gates), a means of automatic brake adjustment should be provided.

1.3 Couplings

Couplings which transmit torque even once the overload protection device has responded (see subclause 1.6), shall be protected against current breakdown. For flexible couplings, transmission of loads shall be impeded even in cases of failure or destruction of all flexible components of the coupling.

1.4 Shaft-to-hub connections

Shaft-to-hub connections are only to be used for low-speed, open gear or chain sprockets and pinions.

1.5 Cylindrical and bevel gears

Cylindrical and bevel gears shall preferably be accommodated in closed boxes that are oil-tight and rigid. For spur gear boxes in tension, a construction made from spheroidal cast iron or a welded construction is recommended.

The two output stages of toothed gears may be open.

For toothed gear strips, interference fits are not allowed.

Closed gearboxes shall be oil-lubricated. Care shall be taken, even after longer downtimes, that meshed teeth are immediately lubricated on start-up. Sightglasses shall be provided at suitable, clearly visible places. Oil drains shall be easily accessible and fitted with drain valves and plugs. These should be fitted directly at the boxes. Pans shall be installed at points where there is a risk of leakage. If possible, the oil filling connection shall be equipped with a filter screen.

Lubrication with semi-fluid grease is permitted for low-speed, closed gears.

Open gear stages shall be lubricated with grease. Drips of grease shall be collected in accessible pans.

Gearboxes, and oil and grease pans shall be provided with a means of corrosion protection that is lubricant-compatible.

See subclause 10.10 of DIN 19704-1 for toothing parameters.

10.6 Worm gears

In the case of worm gears, the worm shall be equipped with a fixed and a floating bearing. The housing design shall ensure that in the case of oil-bath lubrication, the worm is permanently submerged in the oil.

The specifications of subclause 10.5 shall apply by analogy.

10.7 Drive assemblies

Grease lubrication in the gear chamber is permitted for drive assemblies.

NOTE: Drive assemblies (e.g. multiturn actuators) combine an electric motor, gearing, and switchgear and controlgear in one box.

10.8 Plain bearings

Bushes made from nonferrous casting alloys shall be fabricated applying the centrifugal casting or direct-chill casting process.

The bearing liner backing of wrapped bushes made from composite material which are temporarily or permanently exposed to water shall be made from corrosion-resistant material.

The thickness of the sintered metal coatings of plain bearings made from composite material shall be at least as great as the wear anticipated over the entire friction path, but not less than 1 mm.

In plain bearings with solid lubricant inserts, the area of inserts should be approximately one third of the sliding face areas, with the inserts located so that the sliding face is continuously supplied with lubricant.

The plain bearing length should be 0,75 to 1,25 times the bore diameter. This does not apply to plain bearings used as guides for piston rods and in chain plates.

10.9 Spherical plain bearings

Spherical plain bearings should be maintenance-free or self-lubricating. A combination of steel and PFTE shall not be used for sliding faces subject to sudden load reversals. Where loading is in one direction only, contact faces may be made from steel only in cases where hinged elements are to align.

Even if made from corrosion-resistant material, bearings shall be provided with a double seal and have lubrication points for pressing out dirt.

Bearings with PFTE sliding faces shall not be lubricated and thus require to be provided with a double seal and intermediate grease chamber.

10.10 Rolling bearings

Wheels and guide rollers of frequently operated gates (e.g. lock gates) shall generally be equipped with rolling bearings, which are to be sealed on both sides and capable of being lubricated.

Rolling bearings shall generally be self-lubricating and shall be sealed if there is a risk of soiling. Lubrication points shall be provided for pressing out dirt and abraded elementicles.

10.11 Bearings for slewing movements

Bearings for slewing movements shall be plain bearings. Where these are lubricated, the lubricant shall be supplied to the part of the sliding face under load.

It shall be ensured that pintle bearings and gudgeons of mitre and swing gates do not transmit thrust in the closed position. Pintle bearings shall be protected against soiling. Anchor bars for gudgeons shall be hinged on both ends so as to allow movement to all sides.

0.12 Rotary shaft lip seals

Rotary shaft lip seals for use outside dry rooms for drive systems shall be fitted with rubber-sheathed stainless steel springs.

Where required, the housings of rotary shaft lip seals shall also be made from stainless steel.

0.13 Bearing housings

Housings of bearings in tension shall not be made from grey cast iron. Instead, bearings made from nodular cast iron or cast steel, or welded constructions are to be given preference.

0.14 Sprocket chains

Sprocket chains in hydraulic steel structures are usually duplex chains, i.e. supported on three pinions. Multiple reversal of such chains under load should be prevented.

It shall be the responsibility of the client to specify the materials of the chain elements, as follows:

- a) chains with moving pins:
 - pins and plates shall either be made of stainless steel and bushes shall be self-lubricating, or pins shall be made of stainless steel and plates of unalloyed steel, and bushes shall be self-lubricating;
- b) chains with fixed pins:
 - pins and plates shall either be made of stainless steel and bushes shall be self-lubricating, or pins shall be made of stainless steel and plates of unalloyed steel, and bushes shall be self-lubricating;

Unalloyed pins and plates with lubrication of inner plates should only be used for rarely operated gates (e.g. safety gates).

Chains shall allow easy disassembly for maintenance purposes.

Grooves to receive corrosion-resistant circlips shall be deep enough to prevent the circlips being subjected to stress when fitted.

Washers between moving plates of a chain link shall be made from stainless steel.

The specifications of subclauses 10.12 and 10.13 of DIN 19704-1 shall apply with regard to bush materials.

Subclause 5.5 shall apply with regard to the treatment of stainless steel, and subclause 5.6 shall apply by analogy when used in combination with unalloyed steel elements.

The bush manufacturer's recommendations shall be followed to determine the fits for bush bores, bush holes and pins.

Plate holes and pins should be manufactured to tolerance class 7, holes of bushes after fitting should comply with the requirements for tolerance class 8.

For plates (without bushes), dimension X as in figure 3 shall be manufactured to the following tolerances:

- for holes of diameter less than 60 mm: $+0,03_0$ mm;
- for holes of diameter 60 mm or more: $+0,04_0$ mm.

This does not apply to connecting links or end plates.

Pinions shall have at least seven teeth.

Guides shall be provided at the pinions where the chain meshes to ensure the safe guidance of the chain.

Below the pinion, guards shall be provided between the chain wheels.

0.15 Pinion racks and pinion chains

Pinion chains are normally designed as simple chains with a single pinion. It shall be the responsibility of the client to specify the materials of chain elements, as follows:

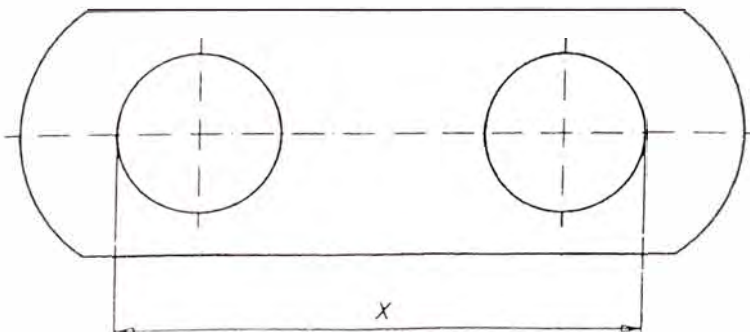


Figure 3: Chain plate

- a) plates and pins shall be made of stainless steel, or
- b) plates and fixed pins shall be made of unalloyed steel, and moving pins of stainless steel.

Care shall be taken to use bolts with similar wear characteristics.

Fixed pins shall be welded in the plates.

Unless pins are secured to the plates, these shall be fitted with self-lubricating bushes.

Guide rollers should be fitted with self-lubricating bushes.

Pinion chains shall have minimum clearance at the point where they mesh. Guides shall be designed so that they are not markedly under radial load.

The pitch shall be accurate to within $+0.001_0$.

Pinions shall have at least nine teeth.

The specifications of this subclause apply by analogy to pinion racks in the form of gear racks or gear segments.

10.16 Rope drives

Rope drives shall be designed in accordance with DIN 15020-1, using torsion-free or low-torsion rope.

To compensate for differences in rope length where two ropes are used (e.g. in combination with counter-weights), the two ropes may be connected via helical springs instead of using a balance beam construction.

Rope drives for frequently operated gates (e.g. lock gates) shall be provided with plastic lining. Welded rope pulleys (without a lining) should be provided with hardened grooves.

DIN 3092-1 shall apply with regard to socketing of wire ropes.

Rope wedges in the drum are not permitted for fixing the rope to the rope drum. Where rope clamps are used, three clamps shall be arranged over half the circumference, and a further one and a half windings shall be provided.

10.17 Wheels and guide rollers

For gates with embedded axles, wheels with a crowned surface shall be used.

Cylindrical rollers may be used if they are supported on roller trains, and if rocker bars and rocker strips are arranged between the gate and the train (e.g. for wide-span gates).

The specifications of subclause 8.4 shall apply by analogy for wheels with a facing applied by deposit welding.

10.18 Sliding guideways

Sliding guideways shall be made from materials with a low friction coefficient and high resistance to wear. Ultrahigh-molecular-mass polyethylene (PE-UHMW) and cast polyamide (types PA 6 G and PE) are recommended (see table 3 of DIN 19704-1).

10.19 Axles and hinge pins

Axles for wheels and rollers, for pivot bearings and for hinge and connecting pins shall be made of stainless steel or be provided with a stainless steel facing applied by deposit welding. Axles with a diameter of 300 mm or more may be made of unalloyed steel with multilayer hard-chromium plating.

10.20 Springs

Springs may be made from rubber or be helical springs or disc springs, taking into account the resistance of spring steel to hydrogen embrittlement (testing as in DIN 50969). The use under water of stainless steel disc springs shall be avoided.

Table 8: Pitch for threads on loadbearing components

Thread nominal diameter, in mm	Pitch, in mm
14 to 22	1,5
24 to 34	2
36 to 52	3
56 to 150	4
160 to 306	6

DIN 19704-2 : 2000-00

0.21 Threads

For threads of loadbearing elements which can be loosened, except for threads of bolts and pipe threads (e.g. threads of piston rods, anchor bars for gudgeons), the pitch shall be smaller than the values given in table 8.

0.22 Connections

0.22.1 Bolts and bolted connections

For bolted connections, only metric threads to DIN 13-1 are permitted, with the exception of pipe threads to ISO 228-1 and DIN EN 10226-1 for pipes, pipe fittings and compression couplings. If components are intended to be re-used, prestressing of bolts in components with threaded holes shall be limited to 60 % of the yield stress of the bolt material. The edge distances for bolts in tension shall be not less than the thread nominal diameter.

0.22.2 Welds

It shall be the responsibility of the client to specify the type and scope of weld testing on machine components. For hydraulic piping, 10 % of the welds made in the workshop and on site shall be radiographically examined unless otherwise specified.

Welds for fixing flanges and weld-on nipples to cylinder barrels and hydraulic pipes shall be penetration welded.

Corrections for

DIN 19704-2:1998-05 „Hydraulic steel structures – Part 2: Detailing and fabrication“

	read	instead of
Contents:		
4.4.4	formed	worked
8.3	Expansion joints	Joints
10.7	Compact drive	Drive
10.11	swivelling	slewing

Chapter .../row ...:	read	instead of
3.6 /3	bottom culverts	deep sluices
/4	culvert	sluice
4.1 /8	actions	stresses
/10	assumed support	support
/11	actions	stresses
4.3.4 /2	lock nuts	nuts
4.4.4 /1,2	formed	worked
4.4.5 /2	non-predominantly	predominantly
5.2.1 /2	<i>delete:</i> lock	
/4	<i>insert after</i> inspection: gates	
Table 3, row No. 8	<i>delete:</i> Function of Rails <i>insert:</i> , tolerances with respect of rail position	
Table 4, Title	<i>delete:</i> lock	
row No.1 and 3	guideways	guide rollers
row No. 3	1000 mm	1000 m
row No. 4, 3 rd column	1,5 mm	1 mm
Table 6, row 2,3	<i>delete:</i> hollow	
6.3 /3	sector	radial
/3	flap	lap
/6	seal faces	seals
Table 7, headline, 4 th column	<i>insert after</i> rubber: ,Hardness: 65±5 Shore A,	
8.1 /13	into the first-stage concrete	without being tied
8.4 /8	rail supporting beams	sleepers
9.1 /2,3,4,6,8	elements	rollers
/3	bogies	roller trains
/5	<i>delete:</i> roller	
/8	<i>delete:</i> lock	
/9	<i>insert after</i> For: bothway acting <i>delete:</i> with double acting drive	
/10	counter	rear
9.2.4 /2	driven on both ends	with double acting drives
9.2.7 /4	driven on both ends	with double acting drives
10.1.1 /6	<i>delete:</i> is precluded <i>insert after</i> restraint: is negligible	
10.1.2.2 /8	a) or b)	constructional details
10.1.2.3 /5	ends	heads
/5	locking	securing safety
10.1.4.1 /6	<i>insert after</i> as: directional control valves,	
/11	directional	flow
10.1.5 /10	shall	will
10.1.7.1 /3	<i>delete:</i> aelement	
10.4 /2	sprocket wheels and pinion rack wheels	sprockets and pinions
10.7 /1,2,3	Compact drive	Drive
/3,4	facilities	gear

Chapter .../row ...:	read	instead of
10.8 /11	chain link-plates	chain plates
10.10 /1	Bearings for rotating movements	Rolling bearings
10.10 /4	Plain	Rolling
10.11 /1,2	swivelling	slewing
10.13 /1	spheroidal	nodular
10.14 /2	triple	three
/6,7,8,11,22, 24	link-plates	plates
/16	material	steel
/30	disks	wheels
10.15 /2	disk pinion	pinion
/4	link-plates and fixed pins and hinge bolts	plates and pins
/5	hinge bolts	moving pins
/8	hinge bolts	pins
/11	<i>insert after</i> markedly: deformed	
Figure 3 (notation):	link-plate	plate
10.17 /2	fixed	embedded
/3	Cylindrical wheels	rollers
/3	bogies	trains
/4	bogie	train
10.18 /3	+	and
10.21 /3	not smaller	smaller
10.22.2 /5	<i>insert before</i> nipples: conical	



**ABNT – Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Endereço:
Rio de Janeiro
Rua Treze de Maio, 13 / 28º andar
EP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (21) 2210-3122
Fax: (21) 2220-1762/2220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2002,
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

OUT 2002

PROJETO NBR 8883

Cálculo e fabricação de comportas hidráulicas

Origem: NBR 8883:1996

ABNT/CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos

CE-04:007.03 - Comissão de Estudo de Grades e Comportas

NBR 8833 - Calculation and Manufacture of Hydraulic Gates

Descriptors: Hydraulic Gate

Esta Norma substitui a NBR 8883:1996

Esta Norma cancela e substitui a NBR 12283:1991

Palavra-chave: Comporta hidráulica

Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Projeto mecânico

5 Fabricação

ANEXO

A Figuras

Prefácio

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma contém o anexo A, de caráter normativo.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para o cálculo e fabricação de comportas hidráulicas.

1.2 Esta Norma se aplica a comportas e acionamentos oleodinâmicos por cilindros, bem como os demais componentes tais como: suportes, travas, tampas para ranhuras, hastes, pinos, vigas pescadoras, cilindros oleodinâmicos, tubulações, etc.

1.3 Outras estruturas e componentes não mencionados em 1.1 e 1.2 devem ser projetados segundo suas respectivas Normas.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão,

recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento

NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento

NBR 7188:1984 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre - Procedimento

NBR 7259:2001 – Comportas hidráulicas – Terminologia

NBR 11389:1990 – Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de usinas hidroelétricas e termoelétricas.

NBR 11889:1992 – Bobinas e chapas grossas de aço carbono e de aço de baixa liga e alta resistência – Requisitos gerais

ASME B36.10M Edition 00 – Welded and Seamless Wrought Steel Pipe - The American Society for Mechanical Engineers.

ASME VIII div. 1: 2001 – Boiler and Pressure Vessel Code - The American Society for Mechanical Engineers.

ASD1.1:2002 – Structural Welding Code - Steel - American Welding Society.

DIN 18800:1990 – Structural Steelwork Design and Construction - Deutsches Institut für Normung e.V

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições da NBR 7259 e as seguintes:

3.1 Definições gerais

1 Estado limite: Estado além do qual a estrutura/componente não retém mais a sua capacidade de resistir às ações aplicadas ou em que a estrutura/componente não tem mais condições de executar sua função ou serviço.

2 Ações (Fk): Forças atuando nas estruturas/componentes ou a causa de restrições aos deslocamentos nas estruturas/componentes. Ações incluem: vento, gravidade, cargas, temperatura, etc.

3 Resistências (R): Resistências das estruturas/componentes às ações a elas impostas. O valor da resistência está associado com o estado limite.

3.2 Definições aplicáveis ao cálculo da estabilidade

3.2.1 Fator parcial de segurança

3.2.1.1 Os fatores parciais de segurança γ_F e γ_M são aplicados às ações e resistências, respectivamente e levam em conta as variações nas ações e nas resistências.

3.2.1.2 O fator parcial de segurança γ_F à ação leva em consideração a variação das ações em termos de espaço e tempo, bem como as incertezas do modelo estrutural, além de cobrir qualquer suscetibilidade do sistema a reagir contra as ações.

3.2.1.3 O fator parcial de segurança γ_M à resistência leva em consideração a variação dos valores da resistência, bem como as imprecisões do modelo estrutural para o cálculo das resistências além de cobrir qualquer suscetibilidade do sistema a reagir contra as ações.

2 Fator de combinação: Fator de combinação ψ para as ações variáveis. O fator de combinação leva em consideração a probabilidade de ações variáveis ocorrerem simultaneamente.

3 Valores de projeto para as ações: Valores característicos das ações multiplicados pelo fator parcial de segurança γ_F e pelo fator de combinação:

$$F_d = \gamma_F \cdot \psi \cdot F_k$$

4 Valores de projeto para as resistências: Valores característicos das resistências divididos pelo fator parcial de segurança γ_M à resistência:

$$R_d = R / \gamma_M$$

3.3 Projeto mecânico

3.4 Documentos

3.4.1 São considerados integrantes do processo de fabricação os documentos, quando aplicáveis, citados a seguir:

- memorial de cálculo;
- desenhos de implantação do equipamento nas obras civis;
- desenhos de conjunto, subconjunto e de detalhes da comporta e seus componentes;
- lista de materiais com a especificação dos materiais, suas quantidades e suas massas;
- manuals de montagem, operação, manutenção e de comissionamento no campo;

f) especificação de proteção anticorrosiva;

g) programa de inspeção e controle.

4.2 Materiais

4.2.1 A escolha dos materiais para a construção das comportas e seus componentes, bem como a dos materiais das soldas de emenda das peças, devem ser determinadas pelas características de cada estrutura e das tensões em que elas estão submetidas.

4.2.2 As constantes dos materiais empregadas (módulo de elasticidade, tensão de escoamento, etc.) devem ser tomadas das Normas dos respectivos materiais. Materiais não padronizados deverão ter suas características mecânicas comprovadas através de ensaios acompanhados da emissão de certificados de qualidade.

4.2.3 Devem ser levados em consideração todos os fatores que influenciam os valores das constantes dos materiais, por exemplo: espessura, tratamento térmico, temperatura de serviço, etc.

4.3 Constantes físicas

Caso nenhuma condição seja prescrita, as seguintes constantes físicas de 4.3.1 a 4.3.4 devem ser empregadas nesta Norma (outros valores poderão ser usados, desde que sejam provados e acordados entre fornecedor e comprador).

4.3.1 Massa específica

As massas específicas dos materiais devem ser como as indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Massa específica

Água	1,00 kg/dm ³
Água do mar	1,04 kg/dm ³
Gelo	0,70 kg/dm ³
Esgoto	1,15 kg/dm ³
Aço	7,85 kg/dm ³
Alumínio	2,70 kg/dm ³
Borracha natural	0,93 kg/dm ³
Borracha sintética	1,23 kg/dm ³
Bronze	8,80 kg/dm ³
Concreto	2,00 kg/dm ³
Plástico	1,45 kg/dm ³
Madeira	1,02 kg/dm ³
Óleo mineral	0,90 kg/dm ³

4.3.2 Coeficientes de atrito de deslizamento

4.3.2.1 Podem-se adotar os valores de coeficiente de atrito de deslizamento da tabela 2.

4.3.3 Coeficientes de atrito de rolamento

4.3.3.1 Para o braço de resistência ao rolamento entre roda/rolo e pista de rolamento, devem ser adotados os valores da tabela 3.

Tabela 2 – Coeficientes de atrito

Materiais	Coeficiente de atrito	
	Estático	Dinâmico
Aço x aço (não lubrificado)	0,40	0,20
Aço x aço (lubrificado)	0,30	0,15
Aço x ligas de cobre (não lubrificado)	0,20	0,15
Aço x ligas de cobre (lubrificado)	0,15	0,10
Aço x ligas de cobre autolubrificante	0,15	0,10
Aço x poliamida	0,25	0,15
Aço x polietileno	0,20	0,10
Aço x elastômero	1,00	0,70
Aço x PTFE	0,10	0,10
Aço x concreto	0,4	0,4
Aço x madeira (longitudinal às fibras)	0,45	-
Aço x madeira (transversal às fibras)	0,55	-

Tabela 3 – Braço de resistência ao rolamento

	Braço de resistência ao rolamento f [mm]	
	Em movimento	Na partida
Aço com HB ≤ 150 HB	0,50	1,00
Aço com HB ≥ 300 HB	0,20	1,00
NOTA - Valores intermediários podem ser interpolados.		

4.3.2 Para mancais de rolamento, caso não sejam executados cálculos mais precisos, pode-se adotar o coeficiente de atrito $\mu = 0,003$.

4.4 Constantes do material

licitivamente, para aço estrutural e aço fundido, podem ser adotados os seguintes valores de constantes do material: módulo de elasticidade longitudinal, módulo de elasticidade transversal, coeficiente de Poisson e coeficiente de dilatação térmica. Outros valores devem ser claramente justificados.

- módulo de elasticidade longitudinal: $E = 206\ 000\ \text{MPa}$;
- módulo de elasticidade transversal: $G = 80\ 000\ \text{MPa}$;
- coeficiente de Poisson: $\nu = 0,3$;
- coeficiente de dilatação térmica: $\alpha = 12 \times 10^{-6}\ \text{°C}^{-1}$

4.5 Valores de referência

Se em nenhuma condição seja prescrita ou nenhum cálculo/demonstração mais apurado seja executado, os seguintes valores de referência de 4.4.1 a 4.4.10 devem ser empregados nesta Norma (outros valores poderão ser usados, desde que sejam justificados e acordados entre fornecedor e comprador).

4.5.1 Peso da proteção anticorrosiva

deve ser adotado o valor de $10\ \text{N/m}^2$.

4.5.2 Peso de corpos estranhos

Peso de corpos estranhos e/ou de água retidos na parte não submersa da comporta e considerando o sentido mais desfavorável pode ser adotado com valor de $30\ \text{N/m}^2$, referente à(s) área(s) de sua possível deposição.

4.4.3 Cargas vivas

4.4.3.1 Para tráfego de veículos sobre tampas de ranhuras ou suportes previstos nesta Norma, deve ser empregada a NBR 7188.

4.4.3.2 Para passarelas e plataformas de operação devem ser adotados os valores da tabela 4.

Tabela 4 – Cargas verticais em passarelas e plataformas de operação e cargas horizontais em corrimãos

Passarelas	2,5 kN/m ² = 254,9 kgf/m ²
Corrimão	0,5 kN/m = 51,0 kgf/m

4.4.4 Impacto devido à movimentação

4.4.4.1 Para dispositivos de armazenamento ou estocagem deve-se majorar o peso total sobre o dispositivo pelo fator de 1,25.

4.4.4.2 Para o içamento ou movimentação de componentes deve-se majorar a força total sobre o componente pelo fator de 1,05. Para componentes que serão movimentados por sistema oleodinâmico não é necessária a aplicação deste fator de majoração.

4.4.5 Temperatura

As variações de temperatura deverão ser adotadas de acordo com a tabela 5 (valores usados em relação à temperatura de montagem).

Caso a temperatura de montagem seja desconhecida, deve-se adotar o valor da temperatura média anual e na falta deste adota-se o valor de 15 °C (288,15K).

Tabela 5 – Variação de temperatura

Comporta temporariamente fora da água	±35 °C
Comporta molhada em um lado	±20 °C
Comporta parcialmente molhada nos dois lados	±20 °C
Comporta completamente submersa	±10 °C

4.4.6 Atrito em flange de rodas

Para a força de atrito devida ao flange de roda, deve-se adotar o valor de 1/100 da carga radial na roda estudada.

4.4.7 Ações nos componentes de guiamento lateral

Os componentes de guiamento lateral (patins de guia, roda de guia, etc.) devem ser analisados com uma carga equivalente a 10% do peso do elemento de comporta que está sendo guiado ou 10% do peso da comporta que possui elementos ligados (por exemplo: elementos ligados por articulações ou soldados).

4.4.8 Atrito de embarcações em comportas de eclusa

4.4.8.1 Atrito nas embarcações

4.4.8.1.1 Na direção perpendicular ao movimento deve ser considerada para o atrito de embarcações uma carga horizontal de 100 kN aplicada ao nível d'água.

4.4.8.1.2 No sentido do movimento deve ser considerada para o atrito de embarcações uma carga horizontal de 50 kN aplicada ao nível d'água.

4.4.9 Vazamento pelas vedações das comportas

4.4.9.1 Vedações de borracha e similares

Nas condições normais de operação o vazamento máximo admissível deve ser de 0,10 dm³/s por metro linear de vedação.

4.4.9.2 Vedações metálicas

O vazamento máximo admissível deverá ser previamente acordado entre fornecedor e comprador.

4.4.10 Acionamento oleodinâmico da comporta

4.4.10.1 Pressão de trabalho no cilindro oleodinâmico de acionamento

pressão de trabalho do cilindro oleodinâmico de acionamento deve ser igual à máxima pressão calculada, devido à força de acionamento conforme 4.6.2, para cada caso de carga correspondente.

4.2 Pressão de regulagem na válvula de segurança principal do acionamento oleodinâmico

Válvula de segurança principal deve ser ajustada para um valor no mínimo igual a 110% do valor máximo da somatória das cargas de carga mais a pressão de trabalho máxima do cilindro na pior condição de trabalho.

4.3 Pressão de regulagem nos pressostatos e/ou dispositivos de segurança secundários do acionamento oleodinâmico

Pressão de regulagem em pressostatos e/ou dispositivos de segurança secundários do acionamento oleodinâmico deve ser ajustada para um valor igual a 95% do valor de ajuste da válvula de segurança principal.

4.4 Velocidades

4.4.1 Velocidade do cilindro de acionamento

Deve ser acordada entre comprador e fornecedor.

4.4.2 Velocidade de fechamento da comporta no final do curso

Velocidade de fechamento no final do curso deve ser menor que 1,0 m/min.

4.4.3 Velocidade do fluido de trabalho nas tubulações do circuito oleodinâmico do acionamento

Seguintes limites de velocidade devem ser adotados para o fluido do acionamento oleodinâmico nas diversas condições para todos os regimes de movimentação (abertura, fechamento normal, fechamento em emergência, etc.):

a) tubulação de pressão: 6,0 m/s;

b) tubulação de retorno: 4,5 m/s;

c) tubulação de sucção: 1,2 m/s;

d) tubulação de aspiração: 1,2 m/s;

10.5 Volume do reservatório do fluido no circuito oleodinâmico do acionamento

Volume mínimo (V_{min}) do reservatório deve ser 20% maior que o volume de passagem no reservatório, mais os volumes necessários para sucção dos componentes e para o "respiro" do reservatório.

Volume de passagem ($V_{passagem}$) é a diferença máxima do volume de fluido que circula pelo reservatório, considerando uma manobra completa do(s) cilindro(s) (estender ou recolher a haste).

Volume de sucção ($V_{sucção}$) é o correspondente ao volume mínimo para a operação correta dos componentes do circuito oleodinâmico (sucção das bombas, etc.).

Volume de respiro ($V_{respiro}$) do reservatório é o volume mínimo de ar que deve ficar no reservatório para o correto acionamento do sistema. Deve ser maior ou igual ao volume das tubulações de interligação entre a central e o(s) cilindro(s) oleodinâmico(s).

tanto tem-se:

$$V_{min} > 1,2 \times V_{passagem} + V_{sucção} + V_{respiro}$$

10.6 Regime do fluido de trabalho

Fluido de trabalho deve trabalhar no regime laminar com número de Reynolds (Re) menor que 2 200.

10.7 Potência de acionamento

Potência nominal de acionamento deve ser 5% maior que a potência requerida, considerando a pressão de regulagem, válvula limitadora de pressão e o rendimento mecânico hidráulico do sistema.

Quando não estejam disponíveis os dados necessários, pode-se usar o seguinte rendimento mecânico-hidráulico (η) para acionamento direto motor elétrico/ bomba hidráulica:

$$\eta = 0,85$$

5 Ações a considerar

As ações de 4.5.1 a 4.5.19 devem ser consideradas no cálculo das comportas e seus componentes.

5.1 Carga hidrostática

Deve-se usar a carga hidrostática mais desfavorável para o caso de carga analisado.

4.5.2 Carga hidrodinâmica

As cargas hidrodinâmicas que atuam sobre a comporta devem ser determinadas com base em dados experimentais (ensaio em modelo reduzido, por exemplo) ou por método analítico conforme acordo preestabelecido entre comprador e fornecedor.

4.5.3 Peso

O peso da comporta é a soma das seguintes parcelas:

- a) peso da parte estrutural;
- b) peso dos conjuntos mecânicos apoiados na estrutura da comporta;
- c) peso do lastreamento;
- d) peso da proteção anticorrosiva;
- e) peso dos corpos estranhos ;
- f) peso da água retida.

4.5.4 Empuxo de Arquimedes

O empuxo deve ser considerado em todas as partes submersas da comporta.

4.5.5 Atrito

Os atritos de deslizamento e de rolamento devem ser considerados nas condições mais desfavoráveis. Sempre que aplicável deve-se executar a análise sob os coeficientes de atrito estático e dinâmico.

4.5.6 Vento

A área exposta ao vento deve ser calculada como sendo a projeção ortogonal da superfície exposta ao vento sobre um plano perpendicular à direção do vento.

A prescrições da NBR 6123 devem ser empregadas no cálculo.

4.5.7 Variação da temperatura

Os efeitos térmicos sobre a comporta devem ser considerados separadamente para os casos de:

- a) variação de temperatura em relação à temperatura de montagem;
- b) atuação desigual sobre a estrutura.

4.5.8 Sedimento

As cargas devidas à pressão de sedimentos depositados na comporta devem ser consideradas.

A pressão vertical deve ser calculada como o peso do sedimento na água.

A força horizontal devida ao sedimento pode ser calculada pela equação a seguir:

$$H_s = \frac{C_s \cdot \gamma_s \cdot d_s}{9,80665}$$

Onde:

H_s é a pressão horizontal devida ao sedimento no ponto considerado, em [mca];

C_s é o fator de pressão do sedimento (valores variam de 0,40 à 0,60);

γ_s é o peso específico do sedimento na água, em [kN/m³];

d_s é a profundidade do ponto estudado em relação ao nível do sedimento, em [m].

4.5.9 Onda

As cargas devidas às ondas superficiais devem ser consideradas em função das condições locais.

Em comportas de eclusas, deve ser considerado um acréscimo de 0,25 mca, caso condições mais desfavoráveis não sejam prescritas.

4.5.10 Abalo sísmico

A influência de sismos deve ser considerada no projeto das comportas, podendo o seu efeito ser simulado como uma força horizontal de intensidade igual à massa da comporta multiplicada pela aceleração sísmica horizontal provável na região. Deve ser verificada no projeto a possibilidade de ocorrência de ressonância e seus efeitos.

A ressonância dinâmica devida ao sismo pode ser verificada pela equação de Westergaard:

$$p_d = \frac{7}{8} \cdot \gamma \cdot k \cdot \sqrt{H_r \cdot h}$$

onde:

p_d é a pressão dinâmica no ponto considerado, em [mca];

γ é o peso específico da água, em [tf/m^3];

k é o fator devido ao sismo (expresso como a relação entre aceleração devida ao sismo e aceleração da gravidade: a/g);

H_r é a diferença de cota entre o nível d'água e a profundidade do fundo do reservatório, em [m];

h é a profundidade do ponto estudado em relação ao nível d'água, em [m].

4.11 Impacto e pressão de gelo

Influências do impacto e da pressão de gelo devem ser consideradas em função das condições locais.

4.12 Embarcações em comporta de eclusa

4.12.1 Impacto devido às embarcações

Quando houver a possibilidade de impacto de embarcações, deverá ser prevista uma estrutura separada da comporta para absorver este impacto.

4.12.2 Atrito devido às embarcações

Cargas provenientes do eventual atrito das embarcações com as comportas da eclusa em posição aberta devem ser consideradas.

4.13 Cargas vivas

Estruturas devem ser verificadas quando submetidas a cargas vivas (passarela, corrimão, tampa de ranhura submetida a tráfego rodoviário, comportas previstas para servirem como ponte). O comprador deve especificar quais são as cargas a serem aplicadas sobre todos os componentes a elas sujeitas.

4.14 Forças devidas à inércia

Estruturas devem ser verificadas quando submetidas a forças devidas à inércia. Na análise das estruturas podem ser desprezadas as forças devidas às acelerações inferiores a $0,50 \text{ m/s}^2$, referindo-se ao centro de gravidade da comporta ou estrutura analisada.

4.15 Transporte, montagem e reparos

Quando necessário, as ações durante o transporte, durante a montagem ou durante os reparos nas comportas devem ser consideradas.

4.16 Alteração das condições de apoio

Quando informado pelo Comprador as ações provenientes de eventuais alterações de apoio devidas aos recalques diferenciais das fundações ou ao deslocamento das estruturas de concreto devem ser consideradas no projeto das comportas (tratadas como caso de carga excepcional).

4.17 Impedimento do movimento

Quando o movimento da comporta possa ser impedido por corpos estranhos (materiais flutuantes presos à comporta, acumulação de gelo sobre a comporta, gelo sobre a comporta ou obstruções similares), as ações e as possíveis combinações de cargas devem ser consideradas (tratadas como caso de carga excepcional).

4.18 Comportas com acionamento em dois lados

Quando as comportas que sejam acionadas por mecanismos nos dois lados o comprador deve especificar qual a combinação de ações a ser considerada (tratadas como caso de carga excepcional):

- sustentar a comporta por um lado e executar um movimento curto para posicionar a comporta para uma posição de reparo;
- fechar a comporta temporariamente por um só lado.

4.19 Ações do acionamento de ocorrência anormal

Quando ocorrer o caso de ocorrência de ações anormais do acionamento da comporta (por exemplo a comporta travar nas suas guias devido a um desbalanceamento), deve ser considerada, em todos os componentes e estruturas envolvidos, a maior ação

possível do acionamento. A máxima ação será aquela limitada pelo sistema de segurança do acionamento (por exemplo, a força gerada em um cilindro devida à atuação da válvula de segurança na sua pressão de regulação no sistema oleodinâmico).

Estas ações devem ser tratadas como caso de carga excepcional.

4.6 Forças de acionamento

4.6.1 A influência dos esforços de manobra sobre os elementos estruturais deve ser considerada no dimensionamento da comporta, de acordo com a capacidade nominal do sistema de acionamento, para o caso de carga normal, ou com a capacidade máxima, para o caso excepcional. A capacidade máxima a considerar, no caso de sistemas oleodinâmicos, é a correspondente à pressão da válvula de segurança e, no caso de sistemas eletromecânicos, a do dispositivo limitador ou, na sua ausência, a do torque máximo do motor.

4.6.2 A força de acionamento calculada deve ser majorada em 10% (força nominal = 1,10 x força calculada) para todos os casos de carga analisados.

4.6.3 Em comportas que devem fechar pela ação do peso próprio, deve ser comprovada a preponderância de fechamento, multiplicando-se as forças de atrito pelos seguintes valores:

- a) caso de carga normal: 1,25 (Forças que fecham > Forças que abrem + 1,25 x F_{atrito})
- b) caso de carga ocasional: 1,20 (Forças que fecham > Forças que abrem + 1,20 x F_{atrito})

4.7 Casos de carga

Conforme a frequência das cargas e as probabilidades de sua simultaneidade, devem ser considerados os casos de carga de 4.7.1 a 4.7.3.

4.7.1 Caso de carga normal

4.7.1.1 Devem ser considerados neste caso os valores e combinações mais desfavoráveis das cargas hidrostáticas para os níveis d'água máximos normais (inclusive a influência das ondas na variação do nível d'água), das ações indicadas em 4.5 e das forças devidas aos esforços de manobra.

4.7.1.2 A existência simultânea destas ações e níveis, e suas combinações, só devem ser consideradas quando isso for possível e provável.

4.7.2 Caso de carga Ocasional

4.7.2.1 Devem ser consideradas neste caso as ações que aparecem com menor frequência como:

- a) cargas hidrostáticas e hidrodinâmicas devidas ao nível de água máximo maximorum previsto;
- b) ação devida ao vento;
- c) influência da variação da temperatura;
- d) atrito devido ao contato com embarcações;
- e) impacto e pressão devidos ao gelo.

4.7.2.2 A existência simultânea destas ações e níveis, inclusive com as ações indicadas em 4.7.1.1 e das forças devidas aos esforços de manobra e suas combinações, só deve ser considerada quando for possível e provável.

4.7.3 Caso de carga excepcional

4.7.3.1 Devem ser consideradas neste caso as ações que eventualmente aparecem durante o transporte, na montagem, durante a manutenção e em outros casos excepcionais, bem como as seguintes:

- a) cargas hidrodinâmicas e sobrecargas devidas aos esforços de manobra no caso de ruptura de blindagens ou de condutos forçados;
- b) ações assimétricas ou sobrecargas devidas aos esforços de manobra, em consequência de eventuais travamentos da comporta por corpos estranhos ou danificação dos apoios ou pistas de rolamento;
- c) ações devidas ao sismo;
- d) alteração das condições de apoio(s).

4.7.3.2 A existência simultânea destas ações e níveis, inclusive com as ações indicadas em 4.7.1.1 e 4.7.2.1 e das forças devidas aos esforços de manobra e suas combinações, só deve ser considerada quando for possível e provável.

4.8 Dimensionamento das comportas, seus componentes e acionamento oleodinâmico

As estruturas das comportas devem ser dimensionadas de acordo com a teoria da elasticidade.

4.8 Estado limite último

O estado limite último a ser considerado é aquele em que se inicia o escoamento da estrutura.

4.9 Conteúdo das memórias de cálculo

4.9.1 A memória de cálculo deve conter pelo menos os seguintes elementos (quando aplicável):

- a) croquis da estrutura metálica com as dimensões necessárias ao cálculo e os respectivos carregamentos;
- b) grandeza e localização das cargas para cada caso de carga considerado;
- c) materiais de construção e elementos de ligação;
- d) dimensões e seções dos elementos estruturais principais;
- e) tensões admissíveis;
- f) tensões reais em todos os elementos nas seções principais e nas conexões;
- g) análise da estabilidade elástica;
- h) análise de fadiga e vibração, sempre que necessários;
- i) valores das deformações e dos deslocamentos máximos que possam afetar o funcionamento correto da comporta;
- j) esforços de manobra que ocorrem durante as operações da comporta;
- k) critérios de cálculo e fontes de consulta.

4.9.2 Os cálculos efetuados por processos computacionais devem ser acompanhados de uma descrição do método ou análises empregadas, da forma de análise da estrutura, dos dados de entrada e dos resultados. Cálculos executados pelo método dos elementos finitos ou similares devem ser acompanhados de uma listagem dos dados de entrada do cálculo. O memorial deve também referenciar o nome do programa utilizado, sua versão e o(s) tipo(s) de elemento(s) utilizado(s).

4.3 Método de cálculo

Os métodos de cálculo são opção do responsável pelo projeto e devem garantir uma análise completa da estrutura.

4.4 Carregamento estático

4.4.1 As estruturas e componentes abrangidos nesta Norma são analisados como carregados estaticamente, isto é, as cargas aplicadas aumentam de intensidade a partir de zero de maneira lenta e gradual.

4.4.2 Os efeitos de concentração de tensões podem ser considerados a critério do responsável pelo projeto.

4.4.3 Coeficiente de segurança ao carregamento estático

4.4.3.1 Os coeficientes de segurança ao carregamento estático são os indicados na tabela 6, sendo que estes são aplicados sobre a tensão limite de escoamento "Se" do material, nas condições de operação.

4.4.3.2 Para aços sem patamar de escoamento, toma-se como base a tensão correspondente à deformação permanente de 0,2%.

4.4.3.3 Os coeficientes da tabela 6 não se aplicam aos aços cujo limite de escoamento ultrapasse 80% do limite de escoamento da estrutura, considerados os valores mínimos destes limites.

8.5 Fadiga

8.5.1 Se não for especificada em contrário, a vida útil das estruturas e componentes abrangidos nesta Norma, deverá ser de 50 anos.

A verificação à fadiga é dispensada se:

$$\Delta\sigma < 26 \text{ MPa. ou}$$

$$n < 5 \times 10^6 \times (26/\Delta\sigma)^3$$

onde:

$\Delta\sigma$ é a diferença entre as tensões máxima e mínima (amplitude);

n é o número de ciclos de tensão.

8.5.2 A resistência à fadiga deve ser determinada por um dos seguintes modos:

- a) adotando-se o limite de fadiga para o qual o material suporta um número ilimitado de ciclos;

b) determinando-se a partir da curva de *Wöhler* do material o valor da resistência à fadiga correspondente ao número total de ciclos de sua vida útil.

4.8.5.3 Coeficiente de segurança à fadiga

4.8.5.3.1 Os coeficientes de segurança à fadiga são os indicados na tabela 6, sendo que estes são aplicados sobre a tensão limite de resistência à fadiga "Sf" do material nas condições de operação (temperatura e número de ciclos esperados).

4.8.5.3.2 Os efeitos de concentração de tensões devem ser sempre considerados na verificação à fadiga.

4.8.5.4 Caso nenhuma condição seja prescrita, o número de ciclos a ser considerado no dimensionamento à fadiga deve ser:

a) barragens e hidrelétricas – usualmente não é requerida a verificação de fadiga. Em comportas usadas para regulação da descarga, a frequência de operação deverá ser informada pelo Comprador;

b) para portas de eclusas e comportas de aquedutos deve-se considerar no mínimo 300 dias de operação por ano com pelo menos 20 operações diárias;

4.8.5.5 Elementos mecânicos solicitados em sua vida útil em mais de 10^4 ciclos devem ser dimensionados à fadiga.

4.8.6 Tensões

4.8.6.1 A verificação das tensões deve ser feita para todos os elementos da estrutura e componentes relacionados, para cada caso de carga a considerar.

4.8.6.2 As tensões devem ser calculadas levando-se em consideração a presença de furos existentes em suas quantidades, formas e localização.

4.8.6.3 A estabilidade elástica deve ser comprovada nos casos de compressão, flexão, flexão composta e cisalhamento.

4.8.6.4 Tensões de cisalhamento em almas de perfis laminados

As tensões de cisalhamento em almas de perfis laminados (I, H ou U) podem ser calculadas pela seguinte equação:

$$\tau = \frac{V}{t_a \cdot (h - 2 \cdot t_m)}$$

Onde:

τ é a tensão de cisalhamento;

V é a força cortante;

t_a é a espessura da alma;

h é a altura do perfil;

t_m é a espessura média da mesa do perfil.

4.8.6.5 Tensão virtual de comparação de *Von Mises*

4.8.6.5.1 Para qualquer estado de tensão atuante, deve ser utilizada a equação geral da tensão virtual de comparação de *Von Mises*:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - \sigma_{xx} \cdot \sigma_{yy} - \sigma_{xx} \cdot \sigma_{zz} - \sigma_{yy} \cdot \sigma_{zz} + 3 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

Onde:

σ_v indica o valor numérico da tensão virtual de comparação, associado ao critério de *Von Mises*

σ_{xx} indica que a tensão normal possui a direção do eixo x e atua num plano ortogonal ao eixo x

σ_{yy} indica que a tensão normal possui a direção do eixo y e atua num plano ortogonal ao eixo y

σ_{zz} indica que a tensão normal possui a direção do eixo z e atua num plano ortogonal ao eixo z

τ_{xy} indica que a tensão de cisalhamento possui a direção do eixo x e atua num plano ortogonal ao eixo y

τ_{xz} indica que a tensão de cisalhamento possui a direção do eixo x e atua num plano ortogonal ao eixo z

τ_{yz} indica que a tensão de cisalhamento possui a direção do eixo y e atua num plano ortogonal ao eixo z

4.8.6.5.2 As tensões nas estruturas e seus componentes serão avaliados pela tensão de virtual de comparação de *Von Mises* e estas deverão estar dentro dos valores das tensões admissíveis para o caso de carga estudado, exceto para elementos mecânicos curtos.

4.6.5.3 As tensões em elementos mecânicos curtos (elementos cuja relação entre a maior e a menor dimensão não ultrapasse 3,5 como por exemplo: rebites, pinos de guia, pinos de acoplamento entre olhais, chavetas), serão avaliadas pela tensão de cisalhamento conforme a hipótese simplificadora da resistência dos materiais.

4.6.5.4 A validade do critério de *Von Mises* está condicionada à desigualdade:

$$I_1 \leq S_e$$

Onde:

$$I_1 = \text{invariante de primeira ordem} = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz}$$

S_e = tensão de escoamento do material no ensaio de tração.

4.6.5.5 Caso a desigualdade da subseção 4.8.5.6.3 não seja atendida, ainda pode-se utilizar a fórmula da tensão virtual de *Von Mises* desde que a seguinte desigualdade seja confirmada:

$$I_1 \cdot 2 \cdot I_2 (1 + \nu) < S_e^2$$

Onde:

$$I_1 = \text{invariante de primeira ordem} = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz}$$

$$I_2 = \text{invariante de segunda ordem} = \sigma_{xx} \cdot \sigma_{yy} + \sigma_{xx} \cdot \sigma_{zz} + \sigma_{yy} \cdot \sigma_{zz} - (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)$$

ν = coeficiente de *Poisson*

S_e = tensão de escoamento

4.7 Tensões admissíveis

4.7.1 As tensões admissíveis para os materiais adequados à fabricação de comportas, seus componentes e o encaixe oleodinâmico, são as correspondentes ao produto dos coeficientes "s" da Tabela 6 pelo:

- Limite de escoamento "Se", no caso de carregamento estático (s.Se);
- Limite de resistência à fadiga do material "Sf", no caso de análise à fadiga (s.Sf).

Tabela 6 – Coeficientes "s" definidores de tensões admissíveis

	Tensão	Caso de carga		
		Normal	Ocasional	Excepcional
Elementos estruturais	Tensão virtual de comparação	0,76	0,82	0,92
	Tensão virtual de comparação no paramento	0,87	0,87	0,92
	Pressão de contato com movimento relativo	0,55	0,60	0,70
	Pressão de contato sem movimento relativo	0,90	0,90	0,90
Elementos mecânicos	Tensão virtual de comparação	0,50	0,63	0,90
	Tensão virtual de comparação em olhais (seção que passa pelo furo) analisados conforme 4.10.1	0,30	0,35	0,40
	Tensão de cisalhamento em elementos curtos conforme 4.8.6.6.3	0,39	0,43	0,51
	Pressão de contato com movimento relativo	0,55	0,60	0,70
	Pressão de contato sem movimento relativo	0,90	0,90	0,90

4.8.7.2 As tensões admissíveis no paramento das comportas podem ser majoradas em 20% nos casos em que ocorram tensões secundárias, localizadas ou de pico, desde que a soma das tensões normais no ponto estudado (invariante de 1ª ordem) seja negativa.

4.8.8 Estabilidade elástica

4.8.8.1 A verificação da estabilidade deve ser efetuada com a DIN 18800/1990 e deve analisar separadamente cada caso de carga mencionado. Os coeficientes parciais de segurança para a aplicação da Norma DIN 18800/1990 são os indicados na tabela 7.

Tabela 7 – Fatores parciais de segurança

	Fator parcial de segurança à		Fator de combinação		
	ação	resistência	Caso de carga		
	γ_F	γ_M	Normal	Ocasional	Excepcional
Elementos estruturais	1,35	1,1	1,0	0,9	0,8
Elementos mecânicos	1,35	1,5	1,0	0,9	0,8

4.8.9 Vibrações

A influência de vibrações, quando detectadas em ensaios de modelos reduzidos, deve ser levada em consideração no projeto do equipamento.

4.8.10 Deformações

Deve ser comprovado que as deformações da estrutura não comprometam a estanqueidade e durabilidade das vedações, a possibilidade de movimentação e as condições de apoio da comporta.

4.9 Dimensionamento das estruturas metálicas

Os elementos estruturais pertencentes à comporta como tabuleiro, suportes do sistema de acionamento, suportes para calagem, suportes para montagem, hastes de manobra, vigas pescadora, peças fixas, devem ser dimensionados estática e dinamicamente, conforme disposto nesta subseção.

4.9.1 Chapas

4.9.1.1 Largura útil de chapas planas

Em chapas que atuam como abas em seções compostas solicitadas à flexão (por exemplo chapas de paramento enrijecidas conforme a figura 1), a largura útil L_u deve ser calculada pela seguinte equação:

$$L_u = 2 \cdot B \cdot \lambda$$

Onde:

L_u é a largura útil de chapas que atuam como abas em seções compostas solicitadas à flexão;

B é a metade da distância entre eixos de duas vigas consecutivas ou comprimento do balanço (figura 1);

L é a distância entre momentos nulos;

λ é o coeficiente de redução conforme, figura 2, que é função da relação L/B e do tipo de diagrama de momento fletor M_I ou M_{II} .

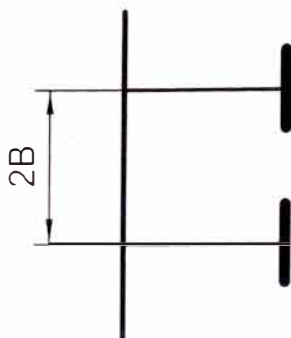


Figura 1 – Vigas consecutivas no paramento

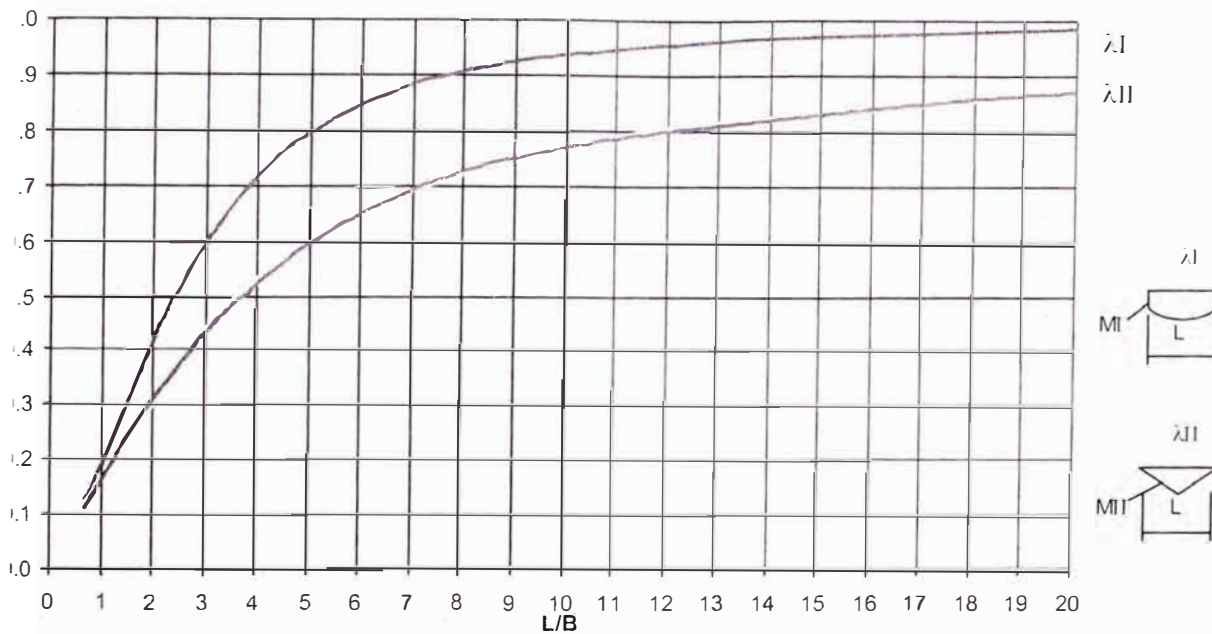


Figura 2 – Coeficiente de redução

4.1.2 Largura útil de chapas curvas

Em caso de chapas curvas, a largura útil da aba das vigas localizadas no plano de curvatura, calculada conforme 4.9.1.1 deve ser limitada a:

$$L_u \leq 1,56 (R.t)^{0,5}$$

L_u é a largura útil da chapa;

R é o raio de curvatura;

t é a espessura da chapa curva.

4.1.3 Largura útil – Cálculo alternativo

Por critério do projetista, o cálculo da largura útil das chapas poderá ser executado de acordo com a DIN 18800/1990.

4.1.4 Tensões nas placas

Placas solicitadas à flexão por pressão hidráulica devem ser calculadas pela teoria de placas, baseada na teoria da elasticidade, considerando as condições de apoio. O cálculo das tensões máximas de flexão em placas retangulares deve ser efetuado pela seguinte equação:

$$\sigma = \frac{k}{100} \cdot \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

onde:

k é o coeficiente dado na Tabela 8 em função das condições de apoio e das dimensões da placa;

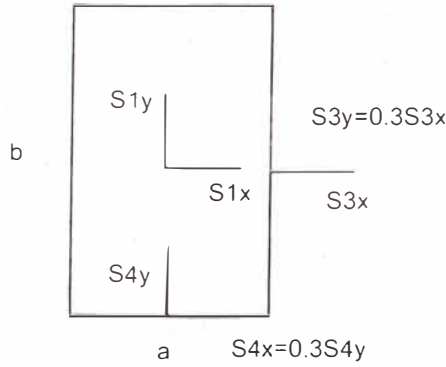
p é a pressão hidrostática no centro da placa;

a é a menor dimensão da placa;

b é a maior dimensão da placa;

t é a espessura da placa.

Tabela 8 – Coeficientes k para tensão de placa



b/a	Quatro lados apoiados		Quatro lados engastados				Um lado maior apoiado e três engastados				Um lado menor apoiado e três engastados			
	±S1x	±S1y	±S1x	±S1y	±S4y	±S3x	±S1x	±S1y	±S4y	±S3x	±S1x	±S1y	±S4y	±S3x
∞	75,0	22,5	25,0	7,5	34,2	50,0	37,5	11,3	47,2	75,0	25,0	7,5	34,2	50,0
3,00	71,3	24,4	25,0	7,5	34,3	50,0	37,4	12,0	47,1	74,0	25,0	7,6	34,2	50,0
2,50	67,7	25,8	25,0	8,0	34,3	50,0	36,6	13,3	47,0	73,2	25,0	8,0	34,2	50,0
2,00	61,0	27,8	24,7	9,5	34,3	49,9	33,8	15,5	47,0	68,3	25,0	9,0	34,2	50,0
1,75	55,8	28,9	23,9	10,8	34,3	48,4	30,8	16,5	46,5	63,2	24,6	10,1	34,1	48,9
1,50	48,7	29,9	22,1	12,2	34,3	45,5	27,1	18,1	45,6	56,5	23,2	11,4	34,1	47,3
1,25	39,6	30,1	18,8	13,5	33,9	40,3	21,4	18,4	42,5	47,2	20,8	12,9	34,1	44,8
1,00	28,7	28,7	13,7	13,7	30,9	30,9	14,4	16,6	36,0	32,8	16,6	14,2	32,8	36,0

b/a	Um lado maior livre e três engastados				Um lado menor livre e três engastados			
	±S1x	±S1y	±S4y	±S3x	±S1x	±S1y	±S4y	±S3x
∞	65,0	25,5	103,6	300,0	25,0	7,5	50,0	33,5
3,00	11,2	18,0	100,4	216,4	25,0	7,5	50,0	33,5
2,50	0,1	26,8	95,7	175,3	25,0	7,5	49,9	33,5
2,00	11,3	32,0	85,4	124,9	24,8	7,7	49,7	33,5
1,75	14,4	31,9	77,4	98,5	24,3	8,9	49,0	33,5
1,50	15,2	29,7	67,1	73,7	23,6	9,3	47,0	33,4
1,25	13,6	25,5	54,7	51,6	21,1	9,5	43,2	33,3
1,00	9,9	19,6	40,7	33,1	19,6	9,9	40,7	33,1

4.9.2 Peças fixas

4.9.2.1 O cálculo estrutural deve basear-se na teoria da elasticidade ou na teoria de viga sobre base elástica.

4.9.2.2 O módulo de reação da fundação deve ser calculado pela seguinte equação:

$$K = 0,4 \cdot E_c \cdot \sqrt[3]{\frac{E_c \cdot b^4}{E_a \cdot I}}$$

Onde:

- K é o módulo de reação da fundação
- E_c é o módulo de elasticidade secante do concreto
- E_a é o módulo de elasticidade longitudinal do aço
- b é a largura de cálculo da viga do caminho de rolamento ou deslizamento
- I é o momento de inércia da seção da viga

4.9.2.3 Na falta de outros valores, o módulo de elasticidade secante do concreto deve ser calculado pela seguinte equação:

$$E_c = 0,85 \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \text{ [MPa]}$$

O, le:

E_c é o módulo de elasticidade secante do concreto, em [MPa];

f_{ck} é a resistência característica do concreto à compressão, em [MPa].

4.2.4 O valor mínimo da resistência característica do concreto à compressão deve ser de 18,0 MPa. Valores inferiores podem ser usados quando justificados pelo construtor civil.

4.2.5 No cálculo da viga sobre base elástica, considera-se que o contato entre o perfil de apoio e o concreto é feito apenas pela aba inferior (aba mais interna ao concreto), excetuando-se os casos em que fique comprovada, por cálculo, a efetiva colaboração do concreto envolvente.

4.2.6 Para o dimensionamento do caminho de rolamento, proceder como descrito a seguir:

4.2.6.1 Os caminhos de rolamento apoiados continuamente sobre o concreto devem ser dimensionados, considerando-se a pressão de contato entre a roda e o caminho de rolamento, a superposição dos efeitos das rodas adjacentes, a compressão no concreto, a flexão, o cisalhamento e eventuais compressões na alma e torção do perfil de apoio.

4.2.6.2 A dureza superficial do caminho de rolamento deve exceder a do material da roda. Esta exigência não se aplica a equipamentos de uso provisório (por exemplo, equipamentos para o desvio do rio), nem aos elementos de guia lateral e contraguia.

4.2.7 Para o dimensionamento do caminho de deslizamento, proceder como o descrito a seguir:

Os caminhos de deslizamento apoiados continuamente sobre o concreto devem ser dimensionados, considerando-se a pressão de contato entre os cutelos laterais ou sapatas de apoio e o caminho de deslizamento, a compressão no concreto, a flexão e o cisalhamento.

4.2.8 Para a compressão máxima admissível no concreto, deve-se observar o descrito em 4.9.2.8.1 e 4.9.2.8.2.

4.2.8.1 Nos casos de carga normal e ocasional, a tensão efetiva de compressão máxima no concreto σ_c não deve exceder a tensão de comparação admissível f_c , que é dada por:

a) no caso em que a superfície do concreto imediatamente abaixo da superfície de transmissão não é armada:

$$f_c = 0,325 \cdot f_{ck} \text{ , para } f_{ck} \leq 18,0 \text{ MPa ;}$$

$$f_c = 0,195 \cdot f_{ck} + 2,314 \text{ , para } f_{ck} > 18,0 \text{ MPa ;}$$

b) no caso em que a superfície do concreto imediatamente abaixo da superfície de transmissão é armada, conforme a figura 3:

$$f_c = \frac{f_{ck}}{2,1} \cdot \sqrt[3]{\frac{ad}{a}} \leq 15,0 \text{ MPa}$$

Sendo:

$ad = 3 \cdot a$, no caso de: $e = a$;

$ad = a + 2 \cdot e$, no caso de: $e < a$.

Onde:

f_c é a tensão efetiva de compressão admissível;

f_{ck} é a resistência característica do concreto à compressão;

a , ad é a dimensões conforme a figura 3;

e é o afastamento entre a face do concreto e o bordo extremo da viga de apoio.

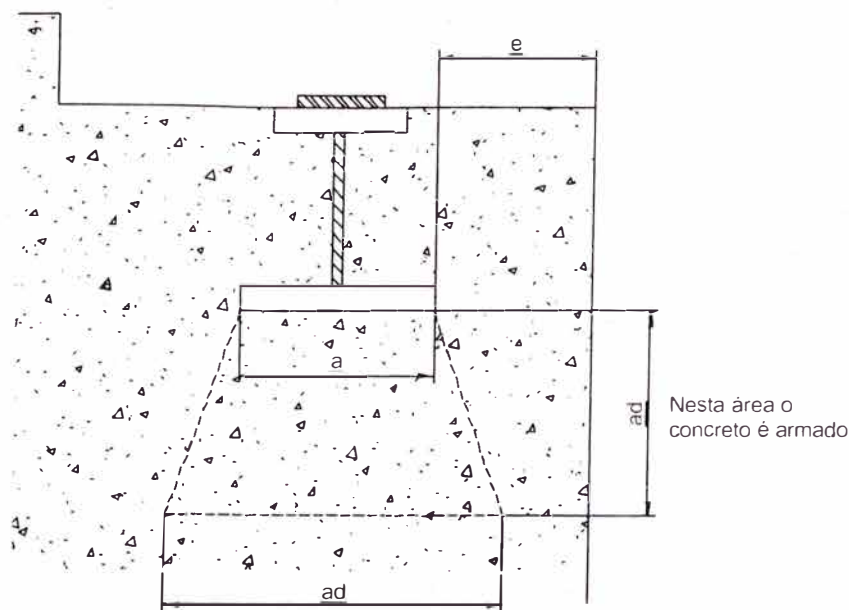


Figura 3 – Seção transversal do caminho de rolamento ou de deslizamento

4.9.2.8.2 No caso de carga excepcional, o valor da tensão efetiva de compressão admissível no concreto conforme 4.9.2.8.1 poderá ser aumentada em 20% ou por outro valor em comum acordo entre comprador e fornecedor.

4.9.2.9 O valor mínimo do afastamento "e", conforme a figura 3, entre o bordo extremo da superfície de transmissão e a face externa do concreto é de 12 cm. Esta distância pode ser reduzida, se forem apresentados cálculos justificativos ou se houver chapa de proteção do canto (cantoneira de proteção) ou se houver ancoragem suficiente no concreto.

4.9.2.10 O fornecedor da comporta deverá fornecer os valores e sentidos dos esforços a serem transmitidos ao concreto para o dimensionamento da estrutura civil.

4.10 Dimensionamento dos componentes mecânicos

Os elementos mecânicos pertencentes à comporta como olhais, buchas, rodas, rolos, eixos, pinos, articulações, sapatas, cunhas, molas, rótulas, mancais, cilindro oleodinâmico, inclusive os sistemas de ligação com o circuito oleodinâmico (tubos e acessórios), devem ser dimensionados estática e dinamicamente, conforme disposto nesta subseção.

4.10.1 Olhais

Caso nenhuma outra verificação mais criteriosa for executada, os olhais de operação da comporta, inclusive os de ligação entre elementos, devem ser analisados quanto a sua tensão de tração e forma geométrica de acordo com as equações abaixo (ver figura 4).

$$S = \frac{F}{2 \cdot a \cdot t}$$

$$b \geq a$$

$$a \geq 0,4 \cdot d$$

Onde:

F é a força atuante no olhal;

a é o valor de cálculo conforme figura 4;

b é conforme figura 4;

t é conforme figura 4.

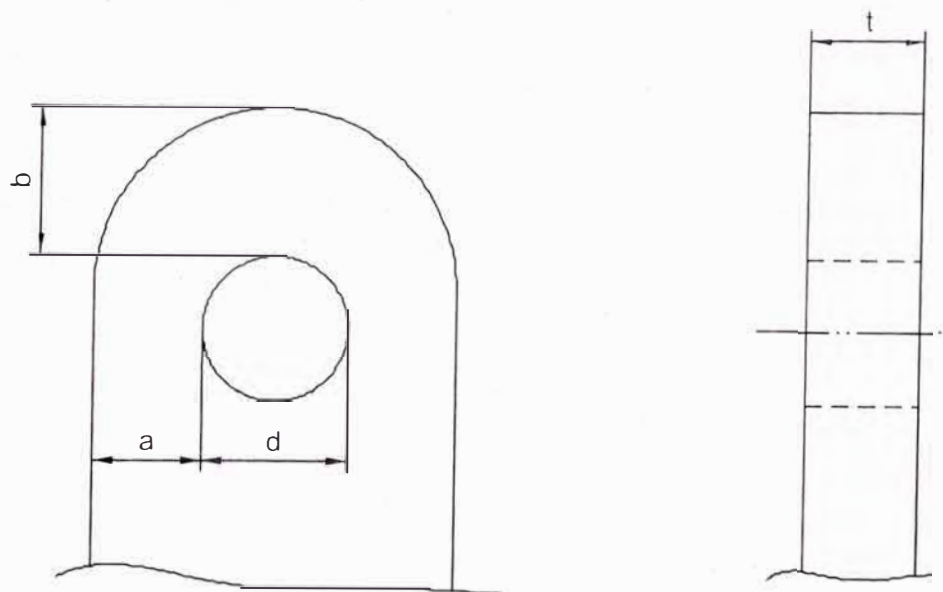


Figura 4 - Olhal

4.1.2 Buchas

As buchas são dimensionadas com base na tensão de compressão diametral (aqui designada por pressão na bucha), dada por:

$$p_b = \frac{F}{d \cdot L_b}$$

Onde:

p_b é a pressão na bucha (tensão de compressão diametral);

F é a força de dimensionamento;

d é o diâmetro interno da bucha;

L_b é o comprimento efetivo da bucha.

4.2.1 Pressão admissível nas buchas

As subitens seguintes são indicadas as pressões admissíveis nas buchas e as condições de aplicação, onde:

(HB bucha) é a dureza da bucha na escala *Brinell*;

$padm$ é a pressão admissível na bucha nos casos de carga Normal e Ocasional, em [MPa].

Valor da pressão admissível nas buchas para o caso de carga excepcional, quando não especificado, deverá seguir as recomendações do fabricante das buchas.

4.2.1.1 Bucha de material não ferroso

Dureza *Brinell* mínima do eixo deve ser de 220 HB ou a tensão de ruptura mínima do eixo deve ser de 690 MPa. Valores menores poderão ser usados desde que sejam provados e acordados entre fornecedor e comprador.

4.2.1.1.1 A dureza *Brinell* da bucha deve ser menor que a do eixo.

4.2.1.1.2 Pressão admissível

A pressão admissível é o maior valor entre 15 MPa e 0,9 (HB bucha):

$$padm = \max (15 \text{ MPa} ; 0,90 \cdot (\text{HB bucha}))$$

Para buchas que giram em relação à carga o valor da pressão admissível deve ser reduzida em 50%:

$$padm = 0,45 \cdot (\text{HB bucha})$$

4.2.1.2 Bucha autolubrificante de material não ferroso com lubrificante sólido

Dureza *Brinell* mínima do eixo deve ser de 220 HB ou a tensão de ruptura mínima do eixo deve ser de 690 MPa. Valores menores poderão ser usados, desde que sejam provados e acordados entre fornecedor e comprador.

4.10.2.1.2.1 A dureza Brinell da bucha deve ser menor que a do eixo.

4.10.2.1.2.2 Pressão admissível

A pressão admissível é 45 MPa. Caso haja dados disponíveis a pressão admissível na bucha poderá ser maior que 45 MPa utilizando-se a pressão admissível dada pela seguinte fórmula:

$$p_{adm} = 1,30 \cdot (HB \text{ bucha}) \cdot \left(\frac{1}{s} \right)^{0,2} ; \text{ sendo: } s = \frac{n \cdot \epsilon \cdot d}{2}$$

Onde:

s é o comprimento de deslizamento anual, em metros (o valor mínimo a ser adotado para s é de 3,0 m);

n é o número de movimentos em um ano;

ϵ é o ângulo de movimento em radianos;

d é o diâmetro interno da bucha, em metros.

Para buchas que giram em relação à carga o valor da pressão admissível deve ser reduzida em 50%.

4.10.2.1.3 Bucha de material plástico

Caso não haja uma comprovação através de cálculo ou de dados adicionais, a pressão admissível para buchas de materiais plásticos deve ser de:

$$p_{adm} = 6,0 \text{ MPa}$$

4.10.3 Anéis ou arruelas de encosto

Anéis ou arruelas de encosto sujeitos a forças normais ao seu plano médio, são dimensionados para a tensão média de compressão limitada aos valores admissíveis especificados em 4.10.2.1 para buchas do mesmo material.

4.10.4 Rodas de apoio

As rodas de apoio são analisadas através da pressão de *Hertz*.

4.10.4.1 Pressão admissível na roda cilíndrica no caso de carga normal

4.10.4.1.1 Para um número de ciclos (número de giros da roda) inferior a 100 000 ($N \leq 100\,000$), a pressão admissível é de:

$$p_{adm} = 5,4 \cdot HB$$

ou ainda pode-se usar:

$$p_{adm} = 1,85 \cdot S_{rup}$$

Onde:

HB é o menor valor da dureza na escala *Brinell* entre o conjunto roda e pista de rolamento;

S_{rup} é o menor valor da tensão de ruptura entre o conjunto roda e pista de rolamento.

4.10.4.1.2 Para um número de ciclos (número de giros da roda) superior a 100 000 ($N > 100\,000$), a pressão admissível é de:

$$p_{adm} = 3 \cdot HB \cdot \sqrt[5]{2 \cdot \frac{10^6}{N}}$$

Onde:

HB é o menor valor da dureza na escala *Brinell* entre o conjunto roda e pista de rolamento;

N é o número de ciclos.

4.10.4.2 Pressão admissível na roda cilíndrica no caso de carga ocasional

O valor da pressão admissível nas rodas de apoio para o caso de carga ocasional é 12% superior ao do caso normal

4.10.4.3 Pressão admissível na roda cilíndrica no caso de carga excepcional

O valor da pressão admissível nas rodas de apoio para o caso de carga excepcional não é limitado.

4.10.4.4 Rodas mergulhadas sob forte correnteza

Para rodas mergulhadas e sob forte correnteza, o valor da pressão admissível no caso de carga normal e ocasional deve ser multiplicado pelo fator 0,9.

4.10.4.5 Pressão admissível na roda abaulada

Em rodas de superfícies de rolamento convexas com relação de raios inferior ou igual a 15:1, as pressões admissíveis de f_{rtz} podem ser elevadas em 50% em relação às pressões admissíveis calculadas conforme 4.10.4.1 e 4.10.4.2.

5 Fabricação

5.1 Geral

5.1.1 Acesso

Se possível, a comporta e suas partes devem ser acessíveis. Para este propósito devem ser previstas escadas, passarelas, bocas de visita onde necessário.

5.1.2 Sala de comando

As salas devem ser ventiladas e ter drenagem para água.

As salas de comando devem ter espaço suficiente para acomodar todos os equipamentos previstos e ter acesso suficiente para a operação e para as intervenções de manutenção e regulagem dos componentes nela instalados.

As distâncias mínimas que devem ser consideradas na sala de comando são conforme a tabela 9 e figura 5.

As portas de acesso não devem interferir com o equipamento no interior da sala.

Tabela 9 – Distâncias na sala de comando

Distância entre parede e equipamento fixado no piso	400 mm
Distância entre equipamentos	800 mm
Distância entre parede oposta ao equipamento	1 000 mm

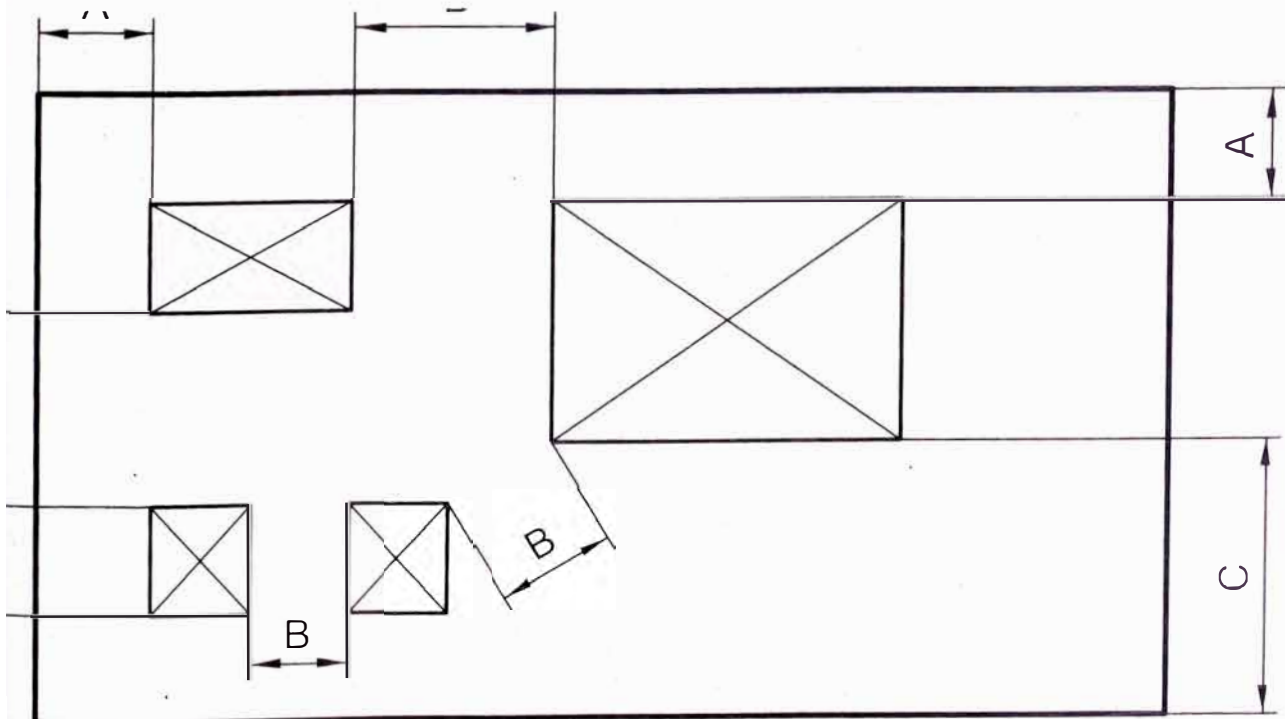


Figura 5 - Distâncias na sala de comando

2 Materiais

2.1 Os materiais utilizados devem ser acompanhados de certificado do fornecedor que comprove as suas propriedades físicas e químicas. A utilização de materiais que não possuam certificados de qualidade está sujeita a uma comprovação com o mesmo volume de ensaios previstos para os materiais certificados.

5.2.2 Para os componentes secundários, tais como chumbadores, chapas de espera, contrapesos, etc., é suficiente um certificado do fornecedor contendo a composição química, o qual pode ser dispensado mediante acordo entre este e o comprador.

5.2.3 Para componentes soldados, devem ser utilizados materiais de uma classe de qualidade com soldabilidade comprovada.

5.2.4 Ensaios exigidos que não constam nas respectivas normas dos materiais devem ser previamente estabelecidos de comum acordo entre fornecedor e comprador.

5.3 Inspeção de materiais

5.3.1 Chapas, perfis e barras

5.3.1.1 Todas as chapas, perfis e barras com função estrutural devem ser qualificadas em suas composições químicas e propriedades mecânicas, comprovadas por meios de certificados de qualidade do material emitido pelo seu fornecedor ou através de ensaios específicos.

5.3.1.2 As chapas com espessura igual ou superior a 19 mm devem ser controladas através de ensaio de ultra-som.

5.3.1.3 Para caso de chapas grossas, o afastamento inferior permissível na espessura deverá ser conforme a NBR 11889. Exceções devem ser justificadas pelo fornecedor do equipamento.

5.3.2 Peças forjadas e fundidas

5.3.2.1 As peças forjadas ou fundidas devem ser qualificadas em suas composições químicas e propriedades mecânicas, comprovadas por meios de certificados de qualidade do material emitido pelo seu fornecedor ou através de ensaios específicos.

5.3.2.2 As peças forjadas devem ser submetidas à inspeção visual e por ultra-som após a usinagem bruta (desbaste).

5.3.2.3 As peças fundidas devem ser submetidas à inspeção visual e por ultra-som ou líquido penetrante após a usinagem bruta (desbaste).

5.3.2.4 Eventuais defeitos devem ser reparados, desde que não comprometam o desempenho e a segurança do equipamento. Estes reparos devem ser executados com controle de qualidade específico e sempre com o conhecimento e aprovação do pessoal do projeto.

5.3.3 Vedação

5.3.3.1 As vedações devem ser acompanhadas de certificados emitidos pelo fornecedor, contendo o tipo de material e os resultados dos seguintes ensaios, executados conforme normas específicas:

- a) tensão de ruptura;
- b) alongamento até a ruptura;
- c) módulo de elasticidade;
- d) dureza na escala *Shore*;
- e) tensão de ruptura após envelhecimento acelerado;
- f) absorção de água;
- g) compressão residual;
- h) resistência ao ataque de ozônio;
- i) inspeção visual e dimensional.

5.3.4 Outros componentes

5.3.4.1 Rodas, eixos, mancais, buchas principais, etc. devem ser submetidos à inspeção dimensional, após a usinagem final e antes de qualquer montagem em 100% dos lotes quando a fabricação é executada por processo não automatizado e por amostragem quando a fabricação é executada por processo automatizado (controle numérico). Os materiais devem ser acompanhados dos respectivos certificados de composição química e propriedades mecânicas.

5.3.4.2 Buchas, parafusos, chumbadores, etc. devem ser submetidos a inspeção dimensional por amostragem, após a usinagem final e antes de qualquer montagem. Os parafusos e porcas de alta resistência devem ser acompanhados dos respectivos certificados de composição química e propriedades mecânicas.

5.4 Soldas

5.4.1 Material

As características mecânicas das soldas devem ser superiores às do material base.

5.2 Indicações em desenho

As indicações, simbologia, de soldas nos desenhos deverão estar de acordo com a AWS A2.4.

5.3 Solda de filete

5.3.1 Soldas intermitentes só são permitidas quando houver uma efetiva proteção contra corrosão nas frestas entre cordões consecutivos. Peças embutidas no concreto não necessitam de proteção contra corrosão nas frestas entre cordões.

5.3.2 Soldas de filete em um só lado da peça soldada só serão permitidas em perfis fechados ou em partes embutidas no concreto.

5.4 Solda de topo

Emendas de partes com diferença entre espessuras maior que 3 mm devem ser biseladas na proporção 1:3.

5.5 Inspeção nas soldas

As soldas devem ser inspecionadas de acordo com a tabela 10.

Tabela 10 – Ensaio nas emendas soldadas

Posição	Tipo	Localização da junta	Ensaio
Solda de topo ou angular	Penetração total	Todas as estruturas	100% (RX ou US) e 100% (LP ou PM) e 100% EV
	Penetração parcial	Olhais de içamento Vigas de comportas e grades	100% (LP ou PM) e 100% EV
		Demais estruturas	25% (LP ou PM) e 100% EV
	Soldas de filete	Olhais de içamento Vigas de comporta e grade	100% (LP ou PM) e 100% (EV)
		Demais estruturas	10% (LP ou PM) e 100% EV
	Juntas bimetálicas Juntas que requerem estanqueidade		

5.6 Critérios de aceitação das emendas soldadas

Os critérios de aceitação devem estar de acordo com a tabela 11.

Tabela 11 – Critério de aceitação nas emendas soldadas

Tipo de ensaio	Critério de aceitação	
	Norma	Item
PM - Partícula magnética	ASME VIII div.1, última ed.	apêndice 6
LP - Líquido penetrante	ASME VIII div.1, última ed.	apêndice 8
US - Ultra-som	ASME VIII div.1, última ed.	apêndice 12
RX - Radiografia	ASME VIII div.1, última ed.	UW 51 (b) e/ou UW 52 apêndice 4
EV - Exame visual e dimensional	AWS D1.1	

5.5 Tolerâncias

As tolerâncias de fabricação e de montagem devem ser escolhidas para garantir um bom funcionamento e estanqueidade.

5.5.1 Tolerâncias para dimensões lineares diversas

Quando não indicado, as dimensões lineares de caldeiraria e usinagem devem ser de acordo com a tabela 12.

Tabela 12 – Tolerâncias para dimensões lineares

Processo	Dimensões lineares										
	-	>30	>120	>315	>1 000	>2 000	>4 000	>8 000	>12 000	>16 000	>20 000
	≤30	≤120	≤315	≤1 000	≤2 000	≤4 000	≤8 000	≤12 000	≤16 000	≤20 000	-
Caldeiraria	±1	±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
Usinagem	±0,1	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	±5	±6	±6

5.5.2 Tolerâncias específicas

5.5.2.1 Tolerâncias lineares específicas

Para as tolerâncias dimensionais de fabricação e montagem na região de comporta fechada com vedação de borracha e para comprimentos até 10 m, podem ser considerados, onde aplicáveis, os valores das tabelas 13 e 14 para as peças fixas e para as comportas respectivamente. As figuras A.1 e A.2 do anexo A ilustram as tolerâncias para as peças fixas.

Tabela 13 – Tolerâncias lineares específicas para as peças fixas

Distância entre centros dos caminhos de rolamento ou deslizamento (Lap)	± 4 mm
Distância entre centros das superfícies de apoio de vedação lateral (Lv)	± 4 mm
Distância entre superfície da soleira e o centro da superfície de apoio da vedação superior (Hv)	± 4 mm
Distância entre superfícies das guias laterais (Lg)	+ 5 mm - 3 mm
Distância entre centros das superfícies de contraguia (Lcg)	± 4 mm
Distância entre superfície do caminho de rolamento ou deslizamento e centro da guia lateral (L1)	± 3 mm
Distância entre a superfície do caminho de rolamento ou deslizamento e superfície contraguia (L2)	± 2 mm

Tabela 14 – Tolerâncias lineares específicas para as comportas

Distância entre superfícies de deslizamento dos patins laterais ou de rolamento das rodas de guia	± 2.5 mm
Distância entre linhas de centro dos cutelos de apoio laterais	± 4 mm
Distância entre linhas de centro das superfícies de apoio rodas principais	± 4 mm
Distância entre superfícies dos patins laterais de apoio	± 4 mm
Distância entre pinos ou chapas de suspensão	± 4 mm
Distância entre superfície de contraguia e superfície de apoio (rodas ou cutelos)	± 1 mm
Distância entre superfícies de apoio das vedações	± 4 mm
Distância entre superfície de rolamento das rodas medidas em relação a um plano de referência	≤ 0.5 mm
Varição do raio do paramento	± 6 mm

5.2.2 Tolerâncias de forma e posição específicas

Para as tolerâncias de forma e posição, nas fases de fabricação e montagem, na região de comporta fechada, com vedação de borracha e para comprimentos de até 10 m, podem ser considerados, onde aplicáveis, os valores das tabelas 1 e 16 para as peças fixas e para as comportas respectivamente. As figuras A.1 e A.2 do anexo A ilustram as tolerâncias para as peças fixas.

Tabela 15 – Tolerâncias de forma e posição específicas para as peças fixas

Planeza das superfícies de apoio (lateral e inferior)	2 mm/m
	3 mm no comprimento total
Planeza da superfície de apoio das vedações (lateral e inferior)	2 mm/m
	3 mm no comprimento total
Paralelismo entre as superfícies das vedações laterais	3 mm
Paralelismo entre superfície de vedação e superfície de rolamento ou deslizamento	1 mm
Inclinação entre plano de soleira e o plano da superfície de apoio das vedações laterais	2mm
Retitude das guias laterais	2 mm/m
	3 mm no comprimento total
Simetria em relação ao centro do vão	4 mm

Tabela 16 – Tolerâncias de forma e posição específicas para as comportas

Planeza dos cutelos laterais	2 mm/m
	3 mm no comprimento total
Planeza do cutelo de apoio inferior	2 mm/m
	3 mm no comprimento total
Planeza na base de fixação das vedações	3 mm/m
	4 mm no comprimento total
Paralelismo entre as superfícies das vedações laterais	4 mm

5.2.3 Tolerâncias para comprimentos superiores a 10 m

Para dimensões maiores que 10 m as tolerâncias podem ser aumentadas conforme a seguinte equação:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{2} \cdot \left(1 + \frac{L}{10} \right)$$

Onde:

ε é a tolerância a ser determinada, em milímetros ;

ε_0 é a tolerância indicada para medidas até 10 000 mm, em milímetros ;

L é a medida considerada, em metros .

5.6 Proteção anticorrosiva

5.6.1 Deve ser elaborada uma especificação técnica para a proteção anticorrosiva dos equipamentos fornecidos.

5.6.2 A proteção anticorrosiva deve estar de acordo com a NBR 11389.

5.6.3 Poderão ser utilizados outros tipos de proteção, não prevista na NBR 11389 (proteção catódica, eletrodeposição), desde que acordado entre comprador e fornecedor.

5.7 Componentes mecânicos do acionamento da comporta

5.7.1 Parafusos

Devem ser de aço carbono com proteção catódica, como galvanização ao zinco, fosfatização ou outra ou ainda em aço inoxidável.

5.7.2 Buchas de material plástico

As folgas de projeto deverão levar em conta as diferentes capacidades de absorção de água destes materiais.

5.7.3 Cilindro oleodinâmico

Os cilindros usados para o acionamento de comportas devem ter as seguintes características:

- a) o cilindro ou partes do cilindro não devem estar submetidos ao fluxo d'água. Caso esta exigência não possa ser cumprida, deverá ser prevista estrutura adequada à proteção do cilindro;
- b) não é permitido o uso de suporte adicional (cilindro com três vínculos);
- c) as câmaras do cilindro devem sempre estar totalmente preenchidas com o fluido de trabalho;
- d) o cilindro deve possuir conexão para tomada de pressão em cada câmara, além das conexões de alimentação;
- e) o cilindro deve possuir conexão para desaeração em cada câmara, além das conexões de alimentação.

5.7.3.1 Corpo do cilindro

Pode ser com ou sem costura.

Tubos com costura devem ter soldas de penetração total e as recomendações da ASME VIII div. 1 devem ser seguidas considerando eficiência de solda igual a 1,0. Todos os componentes soldados ao corpo devem seguir as recomendações da ASME VIII div. 1.

A rugosidade interna do corpo deve ser de 0,4 micrometros, a menos que condições especiais previamente discutidas entre fornecedor e cliente sejam estabelecidas.

A superfície externa do corpo não precisa ser usinada, a menos que condições especiais sejam estabelecidas.

5.7.3.2 Haste do cilindro

A haste deve ser em aço inoxidável com ou sem revestimento ou em aço carbono com revestimento. O revestimento das hastes deve ser em cromo duro ou revestimento cerâmico. Outros revestimentos superficiais, empregados contra a corrosão e/ou para conferir dureza, podem ser usados, desde que previamente acordado entre cliente e fornecedor.

5.7.3.2.1 Dureza superficial da haste

5.7.3.2.1.1 Haste em aço inoxidável e sem qualquer proteção superficial adicional deve ter dureza superficial mínima de 220 *Brinell*.

5.7.3.2.1.2 Haste com revestimento de cromo ou cerâmico deve ter dureza superficial mínima de 600 *Vickers*.

5.7.3.2.2 Espessura do revestimento da haste

5.3.2.2.1 A espessura mínima da camada de cromo recomendada deve ser de 30 micrometros para diâmetro de hastes a 70 mm e de 50 micrometros para diâmetro de hastes maiores que 70 mm.

5.3.2.2.2 A espessura mínima da camada de cerâmica recomendada deve ser de 150 micrometros.

5.3.3 Flanges, tampas e êmbolo do cilindro

5.3.3.1 Podem ser fabricadas pelas seguintes matérias primas: chapa, fundido ou forjado.

5.3.3.2 O êmbolo deve ter a possibilidade de ser desmontado da haste.

5.3.3.3 Flanges e tampas podem ser soldados ou aparafusados ao corpo do cilindro.

5.3.4 Vedações, anéis e buchas do cilindro

5.3.4.1 Para o êmbolo e a haste deve-se preferencialmente usar vedações do tipo dinâmico (anéis V, U, *chevron*).

5.3.4.2 As vedações estáticas são feitas geralmente com anéis tipo "O" (*O'Ring*).

5.3.4.3 Todos os alojamentos para vedações devem ter convites apropriados à montagem e desmontagem das vedações.

5.3.4.4 Os anéis e buchas de guia devem preferencialmente ser de bronze, porém materiais plásticos são aceitos.

5.3.4.5 Sempre deverá haver um ou mais anéis raspadores para se evitar a entrada de sujeira no interior do cilindro.

5.4 Central oleodinâmica para o acionamento

Circuito oleodinâmico (válvulas, bombas, tubos) pode ser montado sobre o reservatório de óleo ou ao lado deste.

5.4.1 Desenho do esquema funcional

O desenho deve conter as seguintes informações:

- a) as características principais dos cilindros, bombas e reservatório (pressões nominais, velocidades, vazões, potências, capacidades);
- b) a identificação do fluido de trabalho;
- c) uma tabela de atuação de solenóides (movimento ou estado x atuação do solenóide);
- d) a identificação dos componentes elétricos deve ser igual à do circuito elétrico de comando e controle correspondente;
- e) o diâmetro externo e a espessura dos diversos tubos;
- f) as vazões existentes em cada ramo.

5.4.2 Reservatório do óleo

5.4.2.1 Construtivamente o reservatório deve conter no mínimo os seguintes componentes:

- a) boca de visita que permita o acesso a todo o interior do reservatório;
- b) bocal de enchimento;
- c) respiro com filtro;
- d) dreno do fluido;
- e) visor de nível.

5.4.2.2 O fundo do reservatório deve ter uma inclinação mínima de 1:40, para facilitar o esgotamento do fluido.

5.4.2.3 A distância mínima entre o piso de apoio e o fundo do reservatório deve ser de 150 mm.

5.4.3 Componentes

5.4.3.1 Os tubos para a condução do fluido devem ser sem costura.

5.4.3.2 Para sistemas que operem com reposição de óleo por movimentação do cilindro, o circuito oleodinâmico deve ser instruído com componentes diretamente ligados à câmara de pressão do cilindro, que não possuam vazamentos (válvulas de assento cônico ou esférico).

5.4.3.3 Todos os componentes montados sobre a central oleodinâmica de acionamento, bem como aqueles montados sobre a central e os cilindros, devem ser identificados, de acordo com o desenho do circuito, através de plaquetas de identificação apropriadas.

5.4.4 Vibrações

5.7.4.4.1 Para se minimizar as vibrações da unidade os seguintes cuidados devem ser tomados:

- a) grupos moto-bomba: devem ser montados sob base elástica absorvedora de vibrações. A ligação da saída da bomba ao circuito oleodinâmico deve ser através de mangueira para alta pressão;
- b) manômetros: devem ter sistema de amortecimento de vibração de ação comprovada (banho de glicerina, *gicleurs*, registros, base de fixação elástica, etc.);
- c) pressostatos: devem ser montados sob base elástica absorvedora de vibrações.

5.7.4.5 Filtros do óleo

A vazão nominal do filtro deve ser maior que três vezes a vazão máxima de passagem pelo filtro.

5.7.4.5.1 Filtro de retorno

É obrigatória a existência de filtro de retorno com malha de 10micrometros ou inferior.

5.7.4.5.2 Filtro de pressão

O filtro de pressão poderá ser usado conforme as exigências do sistema e componentes (servo-válvulas e válvulas proporcionais).

5.7.4.5.3 Filtro de sucção

O filtro de sucção nas bombas deve ser evitado a menos que condições especiais sejam prescritas.

5.7.5 Interligação entre equipamentos oleodinâmicos do acionamento

As seguintes recomendações devem ser seguidas para a tubulação de interligação entre os equipamentos:

- a) os tubos devem ser sem costura;
- b) a espessura mínima dos tubos em aço carbono deve ser de 2,5 mm;
- c) a qualidade mínima do material dos tubos é o aço ASTM A106 grau B;
- d) as ligações entre tubos podem ser por flanges ou outro sistema comprovadamente eficiente. Para bitolas superiores de tubos de 1 ½ polegadas conforme ASME B36.10M Edition 00 e tubos mecânicos com diâmetro externo de 40 mm, é obrigatório o uso de ligações flangeadas;
- e) os flanges devem usar vedações do tipo anéis O'Ring. Não é permitido o uso de junta de papelão hidráulico ou similar nos tubos de condução do óleo;
- f) purgadores de ar manuais devem ser previstos nas regiões mais elevadas do circuito;
- g) as ligações com cilindros que se movimentam podem ser feitas através de mangueiras flexíveis ou tomadas rotativas;
- h) comportas operadas por mais de um cilindro (como é comum em comportas segmento), devem ter tubulação hidráulicamente simétrica (mesma perda de carga nos ramos dos cilindros), tanto no ramo de pressão como no de retorno. Caso isto não seja possível deve-se usar um sistema para a sincronização do curso dos cilindros.

5.7.6 Fluido de trabalho do acionamento

5.7.6.1 Deve ser compatível com as vedações, válvulas e acessórios.

5.7.6.2 Deve ser apropriado às temperaturas de trabalho além de ter as seguintes características:

- a) alto índice de viscosidade;
- b) aditivos: antiespumante, antidesgaste, anticorrosivo e para trabalho em alta pressão.

5.7.7 Pré-montagem e verificações de funcionamento na fábrica

5.7.7.1 Peças fixas de segundo estágio

As peças fixas de segundo estágio devem ser pré-montadas na fábrica. A posição de montagem pode ser no plano horizontal ou em qualquer outro, de acordo com as instalações e necessidades do fabricante.

Após a pré-montagem as peças devem ser identificadas, desmontadas e preparadas para o embarque.

5.7.7.2 Componentes montados nos painéis dos tabuleiros

Os componentes que são montados sobre o tabuleiro da comporta, tais como: vedações, patins, rodas, etc., devem ser pré-montados na fábrica.

Estes componentes podem ser embarcados já montados no tabuleiro ou separadamente, de acordo com a conveniência ou necessidade do comprador e do fornecedor.

5. 7.3 Balanceamento na fábrica

5.7.3.1 Painéis sem adição de lastro no campo

Os painéis devem ser içados com todos os componentes pertencentes montados.

Após este içamento deve ser procedida a verificação do balanceamento e eventuais lastros deverão ser adicionados para o alinhamento do centro de gravidade.

5.7.3.2 Painéis com adição de lastro no campo

Os painéis deverão ser balanceados após a adição do respectivo lastro no campo.

5. 7.4 Verificação do engate/desengate da viga pescadora

Todos os painéis (com todos os componentes montados) devem ser içados pela sua respectiva viga pescadora. O sistema de engate e desengate da viga deve ser verificado na fábrica.

5. 7.5 Acionamento

O painel elétrico, a central oleodinâmica, o cilindro oleodinâmico e o indicador de posição devem ser verificados quanto ao seu funcionamento na fábrica. Devem ser realizados testes funcionais, de pressão e de tensão.

As verificações de cada equipamento podem ser feitas individualmente.

5. Manuseio e transporte das estruturas

O fornecedor deverá, sempre que necessário, emitir instruções para o manuseio, movimentação e transporte das estruturas ou partes de estruturas, para evitar danos ou deformações permanentes nas mesmas durante estas operações.

/ANEXO A

Anexo A (normativo)

Figuras

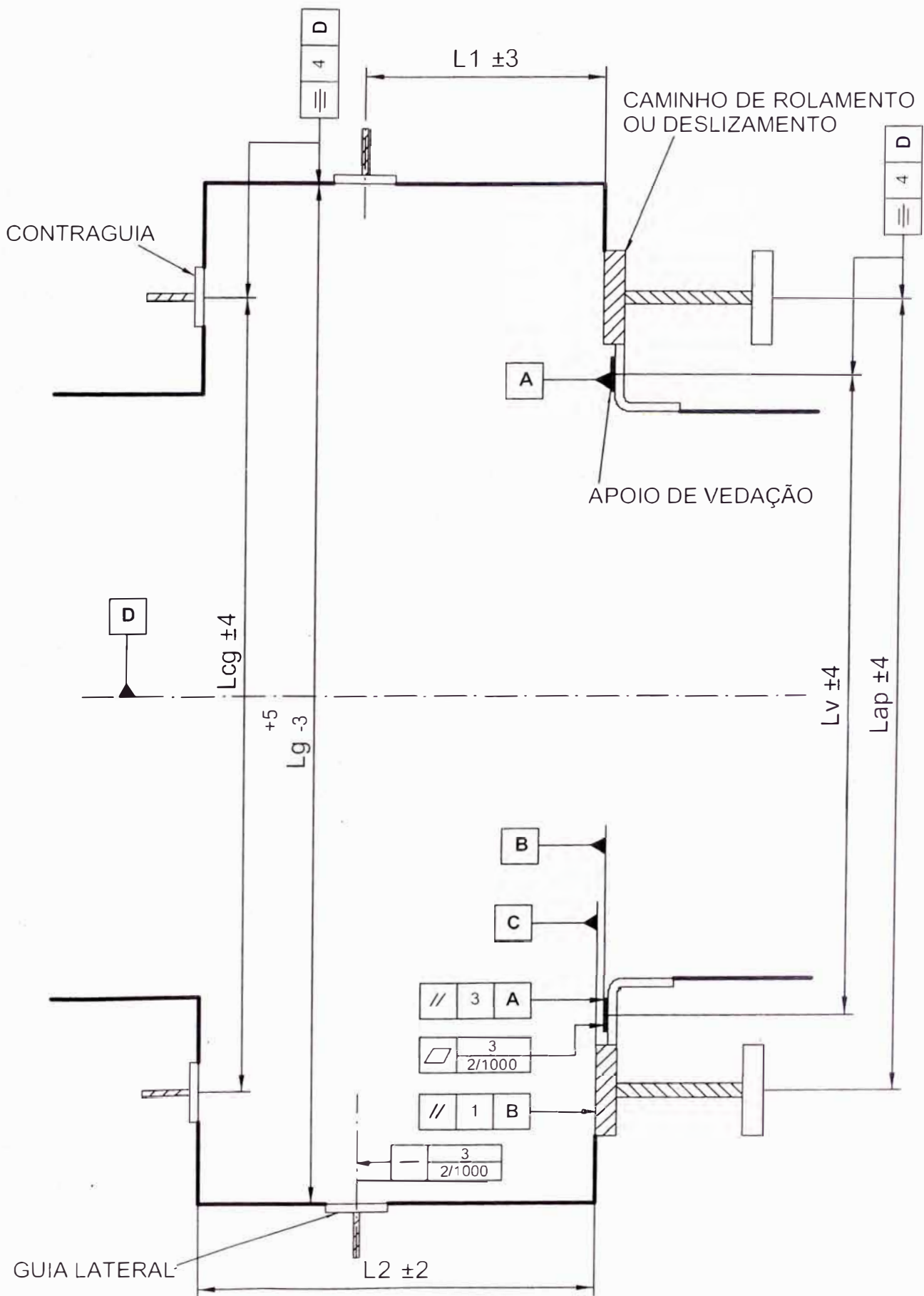


Figura A.1 – Tolerâncias para as peças fixas – Corte pela ranhura

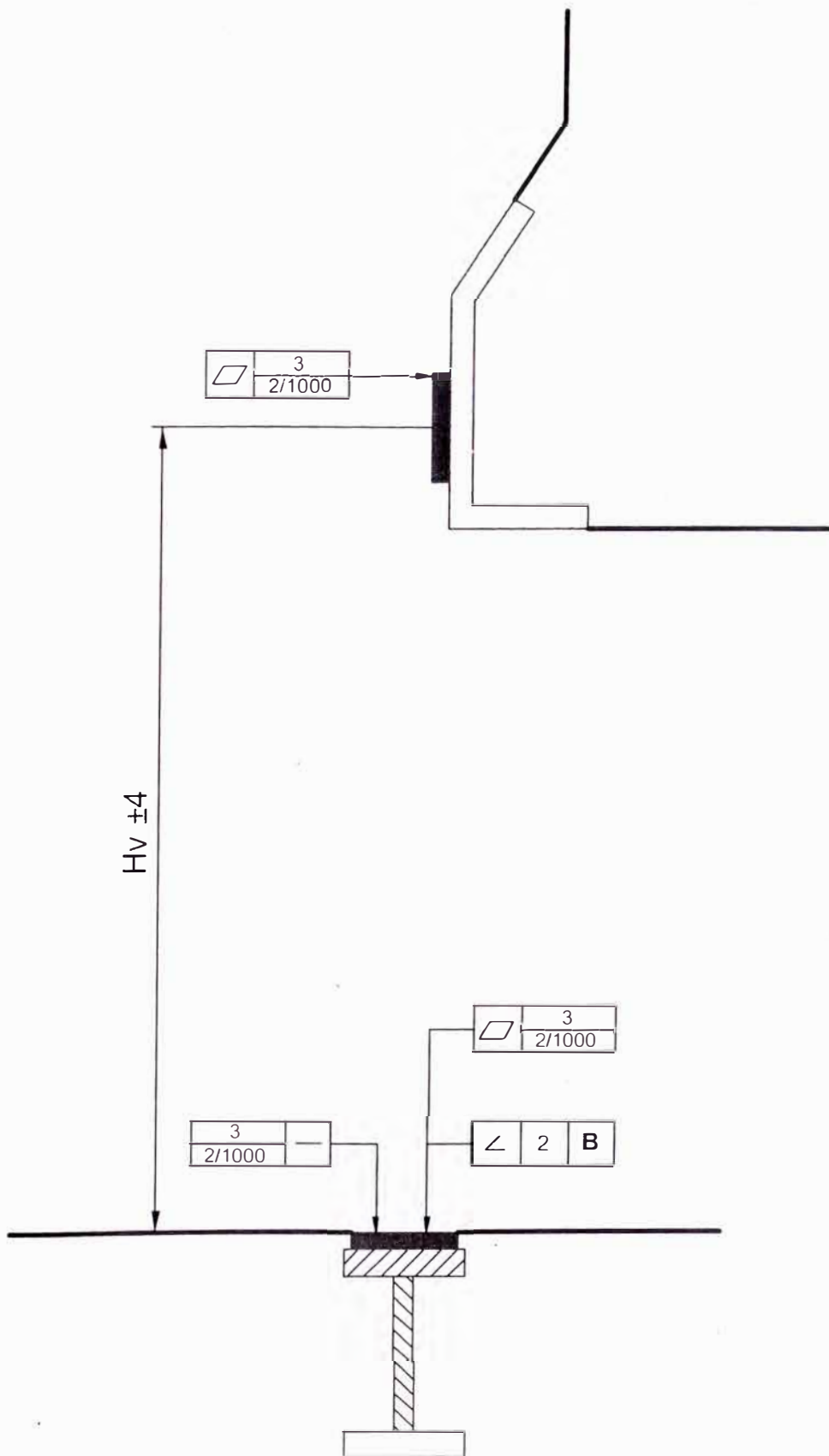


Figura A.2 – Tolerâncias para as peças fixas – Corte pela frontal e soleira



**ABNT – Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 / 28º andar
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (21) 210-3122
Fax: (21) 220-1762/220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2001.
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

ABR 2001

NBR 7259

Comportas hidráulicas - Terminologia

Origem: Projeto NBR 7259:2000
ABNT/CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos
CE-04:007.03 - Comissão de Estudo de Grades e Comportas
NBR 7259 - Hydraulic gates - Terminology
Descriptor: Hydraulic gate
Esta Norma substitui a NBR 7259:1982
Válida a partir de 30.05.2001

Palavra-chave: Comporta hidráulica

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

1 Objetivo

Esta Norma define os termos empregados em comportas hidráulicas e seus componentes utilizados em instalações hidráulicas tais como usinas hidrelétricas, termelétricas, estações de bombeamento, instalações de abastecimento e saneamento, etc.

O campo de aplicação desta Norma abrange a definição e a classificação dos principais tipos e a definição dos componentes das comportas hidráulicas.

2 Referência normativa

A norma relacionada a seguir contém disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. A edição indicada estava em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usar a edição mais recente da norma citada a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 8883:1996 - Cálculos de comportas hidráulicas - Procedimento

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições e classificações:

3.1 comporta hidráulica: Dispositivo mecânico usado para controlar vazões hidráulicas em qualquer conduto livre ou forçado e de cuja estrutura o conduto é independente para sua continuidade física e operacional.

3.2 Classificação das comportas

Nesta Norma, as comportas são classificadas segundo a sua movimentação em funcionamento, conforme disposto em 3.2.1 a 3.2.3.

3.1 comportas de translação: Aquelas que executam um movimento de translação. Podem ser do tipo de deslizamento ou do tipo de rolamento.

3.1.1 tipo de deslizamento: Aquelas que, nas comportas de deslizamento, a estrutura principal (tabuleiro) se movimenta em suas guias ou peças fixas, simplesmente vencendo o atrito de deslizamento entre as partes fixas e móveis.

3.1.2 tipo de rolamento: Aquelas que, nas comportas de rolamento, a estrutura principal (tabuleiro) se movimenta em suas guias ou peças fixas, vencendo o atrito entre as partes fixas e móveis por meio de rodas ou rolos.

3.2 comportas de rotação: Aquelas que executam um movimento de rotação em torno de um eixo fixo.

3.3 comportas de translo-rotação: Aquelas que executam um movimento de translação e rotação.

3. Tipos de comporta

3.1 comporta-gaveta (figura 1): Comporta de deslizamento, com paramento geralmente plano e vertical, que pode ser operada sob fluxo hidráulico, isto é, com pressões hidráulicas desequilibradas.

3.2 comporta ensecadeira (figura 2): Comporta de deslizamento, com paramento geralmente plano e vertical, que só pode ser movimentada em suas guias ou peças fixas com pressões hidráulicas equilibradas. Esta comporta também é conhecida pelo nome de *stoplog* e pode ser formada por elementos independentes superpostos, sendo, neste caso, cada elemento chamado de painel de comporta ensecadeira. Geralmente a comporta ensecadeira é usada para permitir o reparo, a manutenção ou a troca de outros equipamentos.

3.3 comporta-vagão (figura 3): Comporta de rolamento, geralmente com paramento plano e que se movimenta em suas guias ou peças fixas sob o fluxo hidráulico, utilizando rodas e roletas de eixos fixos.

3.4 comporta-lagarta (figura 4): Comporta de rolamento, geralmente com paramento plano e que se movimenta em suas guias ou peças fixas sob fluxo hidráulico, utilizando cadeias fechadas de rolos.

3.5 comporta Stoney (figura 5): Comporta de rolamento, geralmente com paramento vertical plano e que se movimenta em suas guias ou peças fixas sob fluxo hidráulico, utilizando uma cadeia de rolos de eixos horizontais independente do tabuleiro. Esta cadeia de rolos se movimenta por meio de uma polia livre e um cabo que tem uma extremidade fixada na comporta e outra extremidade fixada a um ponto elevado no pilar.

3.6 comporta-segmento (figura 6): Comporta de rotação com paramento curvo correspondente a um segmento de cilindro com diretriz circular, apresentando braços radiais que transmitem a pressão hidráulica para mancais fixos. O perfil do tabuleiro é um segmento circular.

3.7 comporta-setor (figura 7): Comporta de rotação com paramento curvo correspondente a um segmento de cilindro com diretriz circular, apresentando uma estrutura radial que transmite a pressão hidráulica por compressão para os mancais fixos a jusante. O paramento é continuado na sua parte superior por uma superfície cheia radial, configurando o perfil da comporta como o de um setor circular.

3.8 comporta-tambor (figura 8): Comporta de rotação com paramento radial, continuado por uma superfície cheia cônica, cujo perfil corresponde a um setor que, gira em torno de mancais fixos situados a montante. A pressão hidráulica é transmitida por tração aos mancais.

3.9 comporta basculante (figura 9): Comporta de rotação com paramento plano curvo, tendo a estrutura do tabuleiro fixada a mancais-suportes e eixo horizontal incorporado ao próprio tabuleiro. A pressão hidráulica é transmitida aos mancais-suportes e à estrutura do mecanismo de operação da comporta.

3.10 comporta rolante (figura 10): Comporta de translo-rotação, de paramento geralmente curvo, apoiado em uma estrutura cilíndrica de eixo horizontal, que rola em cremalheiras fixas nos pilares em posição inclinada.

3.11 comporta cilíndrica (figuras 11 e 12): Comporta de translação, com paramento cilíndrico fechado, eixo vertical e que se desloca ao longo de seu eixo. Em comporta cilíndrica de superfície quando o fluxo é admitido na sua parte superior e abaixamento da comporta, esta recebe o nome especial de "anel".

3.12 comporta-mitra (figura 13): Comporta de rotação composta de dois elementos basculantes de eixos verticais fixos localizados nas paredes do conduto. Na posição fechada, os dois elementos basculantes fazem apoio entre si nas extremidades livres.

3.13 comporta-telhado (figura 14): Comporta de rotação composta de dois elementos basculantes de eixos horizontais fixos e paralelos, na qual o elemento de montante se apoia continuamente sobre o elemento de jusante.

3.14 comporta-visor (figura 15): Comporta de rotação com paramento semicilíndrico, com geratriz vertical e eixo de tração horizontal.

3.15 comporta mista: Comporta composta de elementos de tipos diferentes, superpostos (por exemplo: segmento e basculante, rolamento e basculante).

3.16 comporta múltipla: Comporta composta de dois ou mais elementos de um mesmo tipo, superpostos (por exemplo: tração duplo, segmento duplo).

3.4 Componentes das comportas

3.4.1 peças fixas: Componentes da comporta que ficam fixados ao concreto e que servem para guiar e/ou alojar o tabuleiro, redistribuir as cargas para o concreto, atuando, também, como proteção do concreto e/ou elemento de apoio da vedação.

3.4.2 soleira: Componente horizontal inferior das peças fixas, que serve como apoio do tabuleiro e/ou da vedação inferior. Em casos particulares, a soleira serve como fixação da vedação inferior.

3.4.3 caminho de rolamento: Componentes laterais das peças fixas, que servem como elementos de apoio e de redistribuição das cargas transmitidas pelas rodas ou rolos das comportas de rolar.

3.4.4 caminho de deslizamento: Componentes laterais das peças fixas que servem como elemento de apoio e de redistribuição das cargas transmitidas pelo cutelo lateral.

3.4.5 guias laterais: Componentes das peças fixas que servem para limitar deslocamentos do tabuleiro transversais ao fluxo e absorver os esforços correspondentes.

3.4.6 contraguias: Componentes laterais das peças fixas que servem para limitar deslocamentos do tabuleiro, na direção e em sentido contrário do fluxo e absorver os esforços correspondentes.

3.4.7 frontal: Componente horizontal superior das peças fixas que serve para proteção do concreto e/ou para completar, com as guias laterais e soleira, o quadro de passagem da água, absorvendo os esforços correspondentes.

3.4.8 apoios de vedação: Componentes das peças fixas sobre os quais se apoiam as vedações da comporta. No caso de a vedação ser efetuada simultaneamente na soleira, nas laterais e em um elemento frontal, os apoios formam um "quadro de vedação".

3.4.9 tabuleiro: Estrutura principal da comporta, que serve de anteparo à passagem de água, constituído de paramento e vigamento.

3.4.10 paramento: Chapa de revestimento do tabuleiro diretamente responsável pela barragem de água.

3.4.11 vigamento: Conjunto de vigas responsáveis pela rigidez do tabuleiro e transmissão de esforços aos elementos de apoio.

3.4.12 viga principal: Elemento principal do vigamento.

3.4.13 nervura ou viga intermediária: Viga com funções secundárias, usada também como elemento de enrijecimento.

3.4.14 viga cabeceira: Viga de fechamento lateral do tabuleiro, onde se localizam os elementos de apoio.

3.4.15 sapata: Elemento fixado ao tabuleiro, cuja função é guiá-lo ao longo das peças fixas.

3.4.16 cutelo lateral: Elemento lateral contínuo de transmissão de cargas da comporta às peças fixas.

3.4.17 cutelo inferior: Elemento inferior contínuo de transmissão de carga da comporta à soleira.

3.4.18 chapa defletora: Elemento inferior do tabuleiro, convergindo para o cutelo inferior, cuja função principal é melhorar as condições de fluxo sob a comporta. A forma do trecho do tabuleiro que contém a chapa defletora e o cutelo inferior é denominada "perfil inferior".

3.4.19 olhal: Elemento de ligação entre a comporta e o dispositivo de acionamento.

3.4.20 vedação: Componente responsável pela estanqueidade, geralmente constituído de perfis de borracha.

3.4.21 braço: Componente estrutural responsável pela transmissão de cargas do tabuleiro para o mancal principal das comportas tipo segmento e setor.

3.4.22 mancal principal: Conjunto de articulação de comporta de rotação. No caso das comportas-segmento, também é conhecido como munhão.

3.4.23 chumbador: Elemento utilizado para posicionar e/ou ancorar as peças fixas.

3.4.24 roda e rolo: Elementos de rotação cujas funções são a transmissão de cargas e a diminuição dos esforços de atrito entre comporta e peças fixas, considerando-se rolo aquele cuja largura é maior ou igual ao diâmetro.

3.4.25 rodeta e rolete: Elementos de rotação, cuja função é guiar o tabuleiro ao longo das peças fixas, evitando o deslocamento transversal ao fluxo. Considera-se rolete aquele cuja largura é maior ou igual ao diâmetro.

3.4.26 lagarta: Cadeia contínua de rolos ligados em forma de esteira.

3.4.27 sapata antivibratória: Elemento fixado ao tabuleiro, que tem por finalidade efetuar uma pré-compressão da comporta nas peças fixas, de modo a evitar que as vibrações devidas ao escoamento hidráulico sejam transmitidas à comporta e ao seu mecanismo de acionamento.

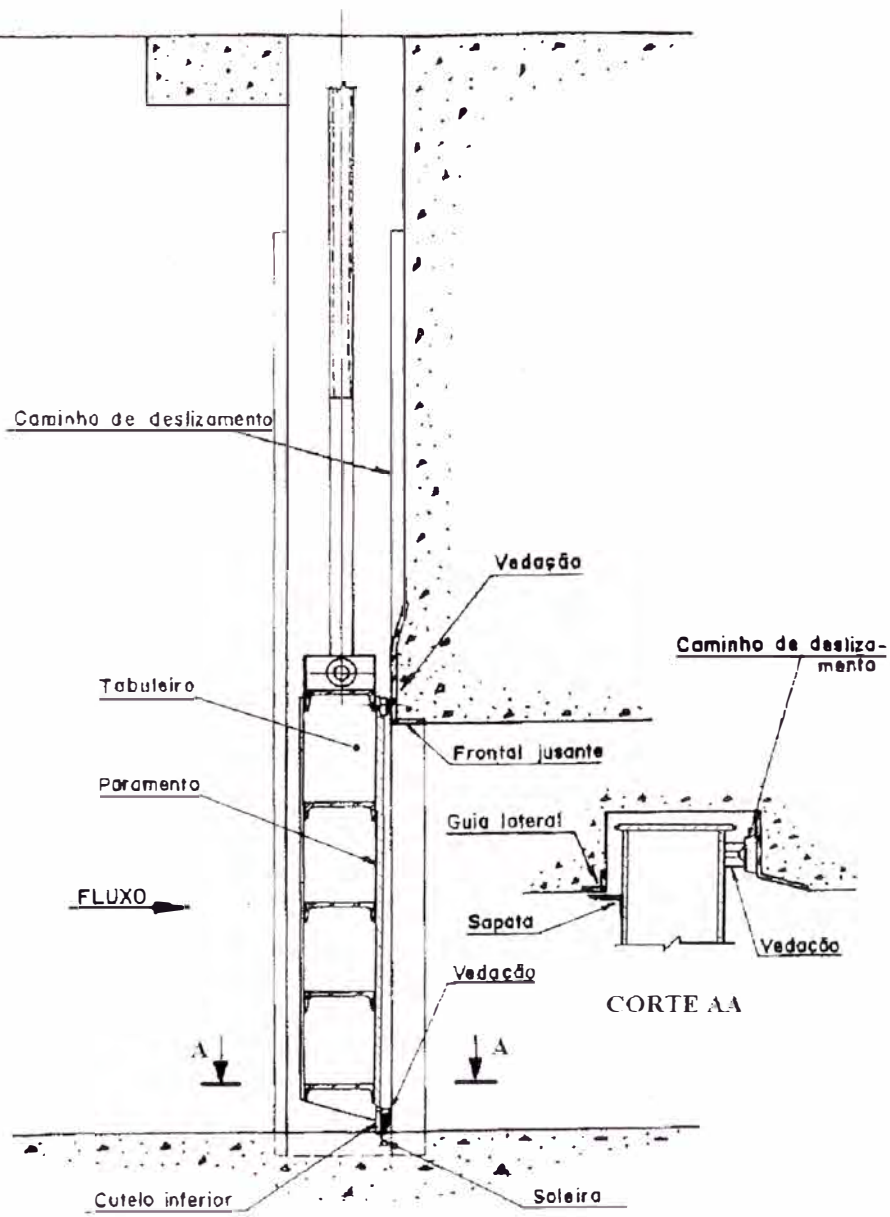


Figura 1 - Comporta-gaveta

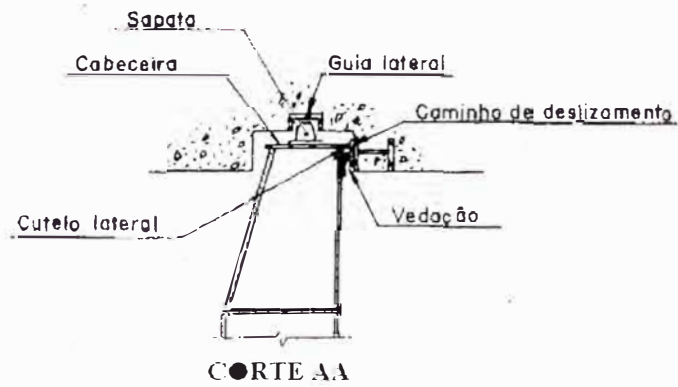
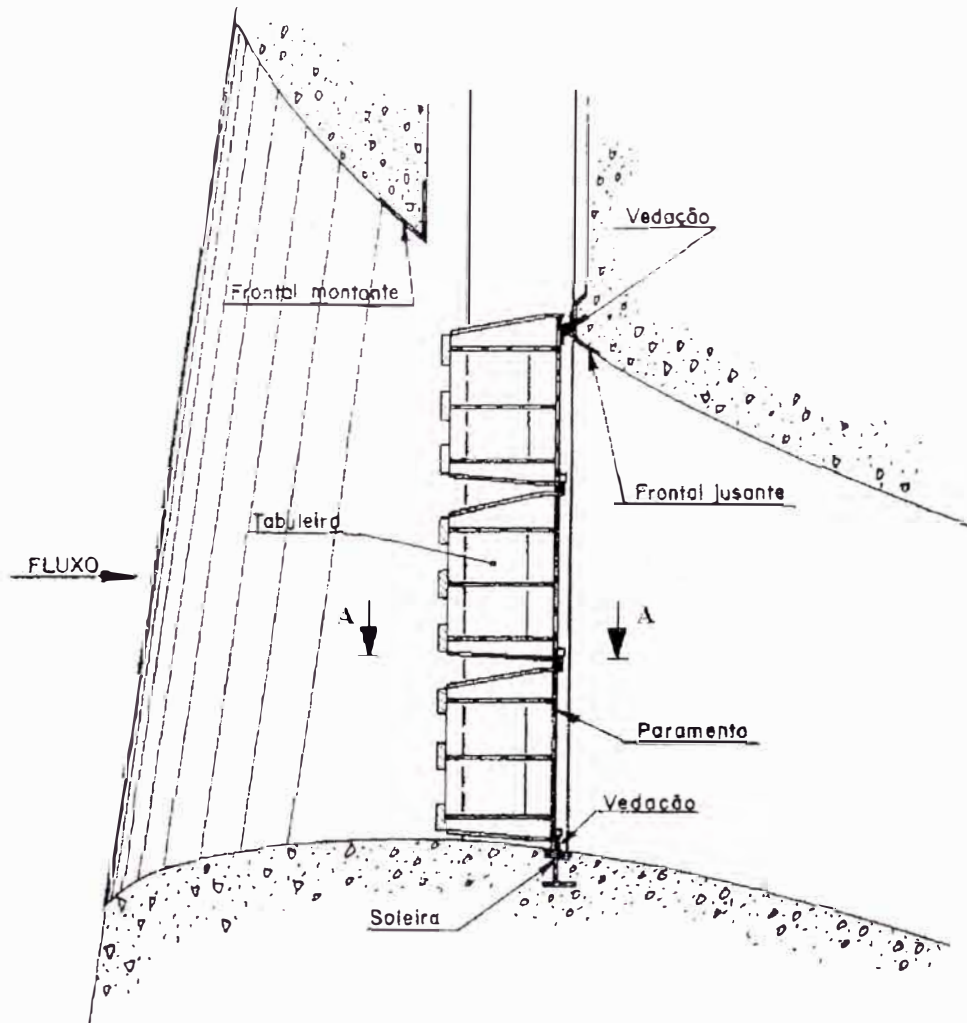


Figura 2 - Comporta ensecadeira

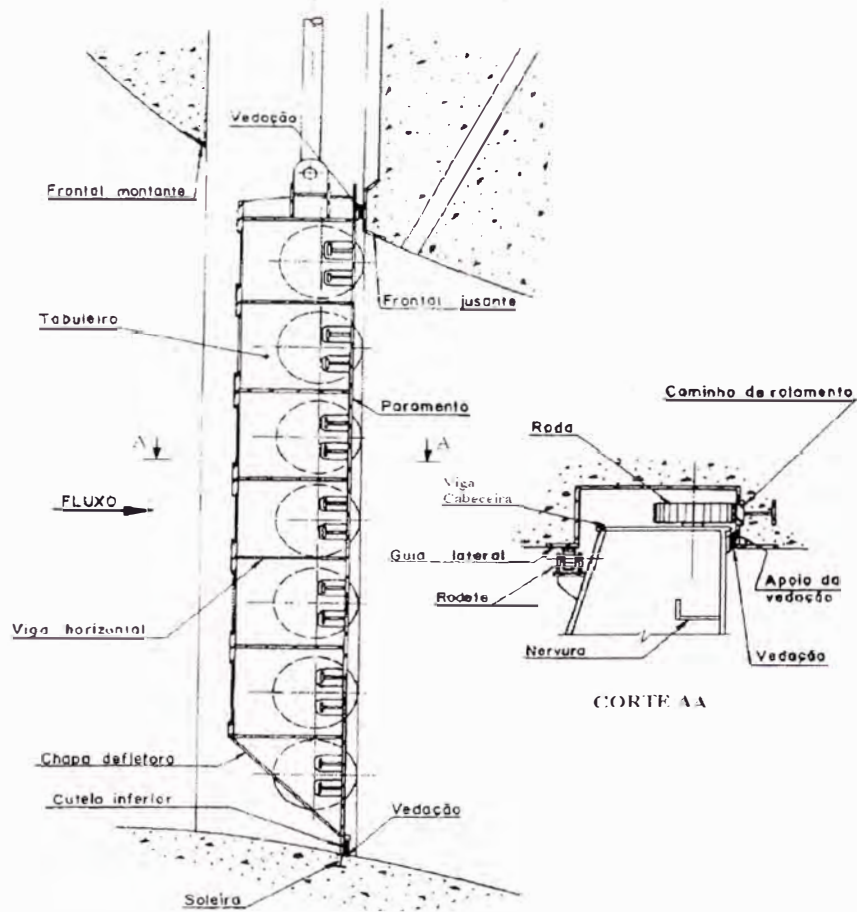


Figura 3 - Comporta-vagão

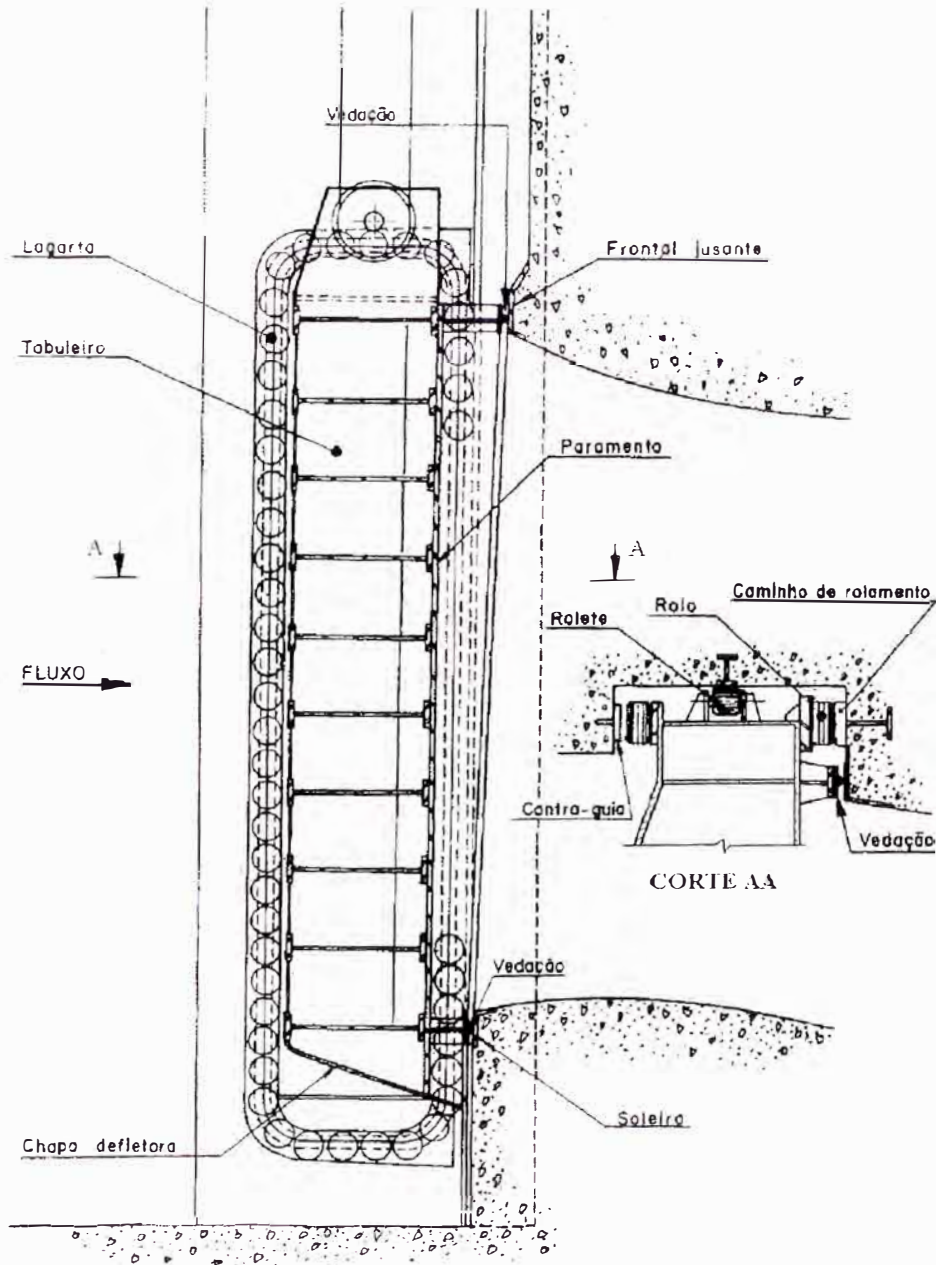


Figura 4 - Comporta-lagarta

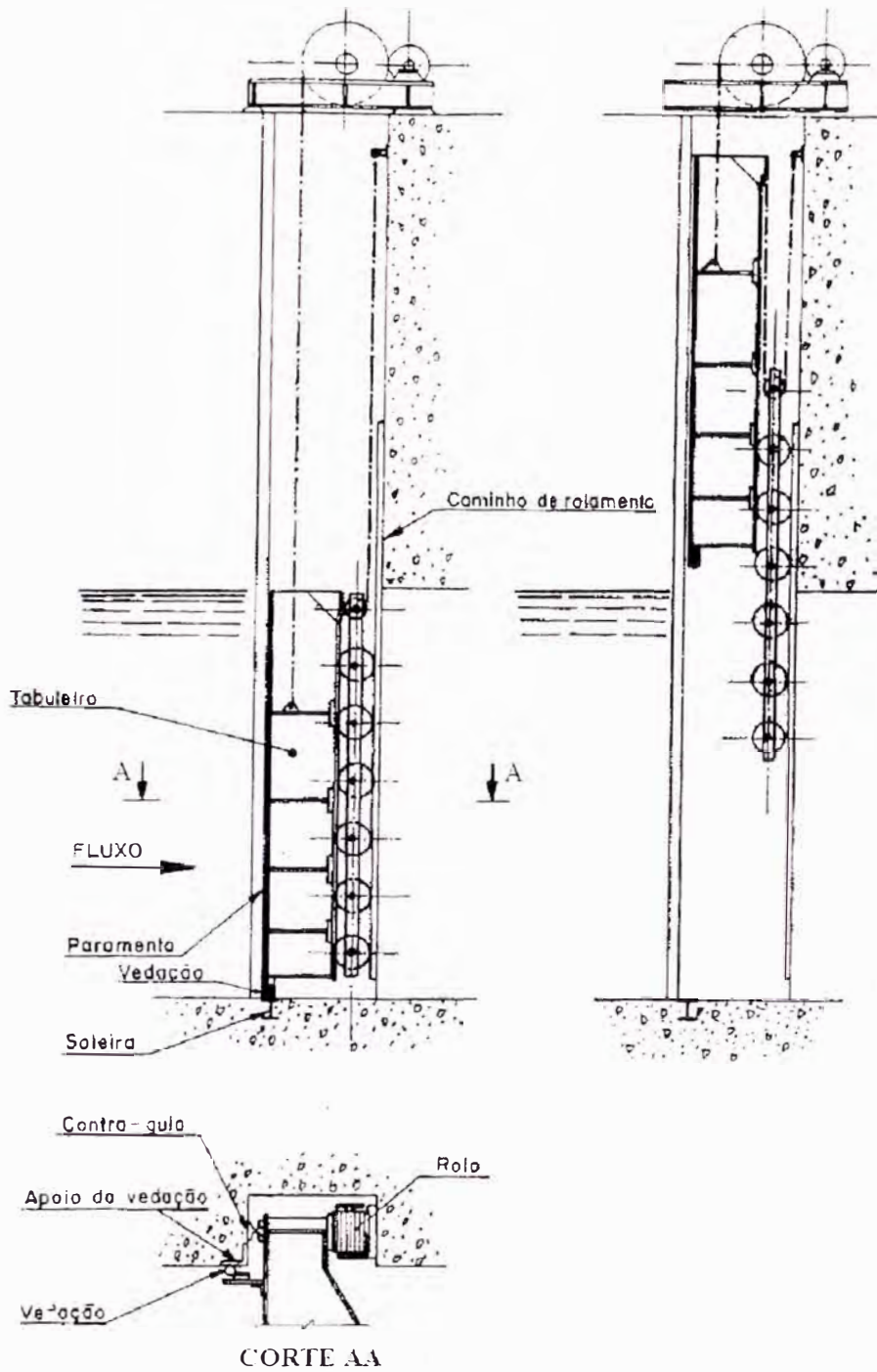


Figura 5 - Comporta Stoney

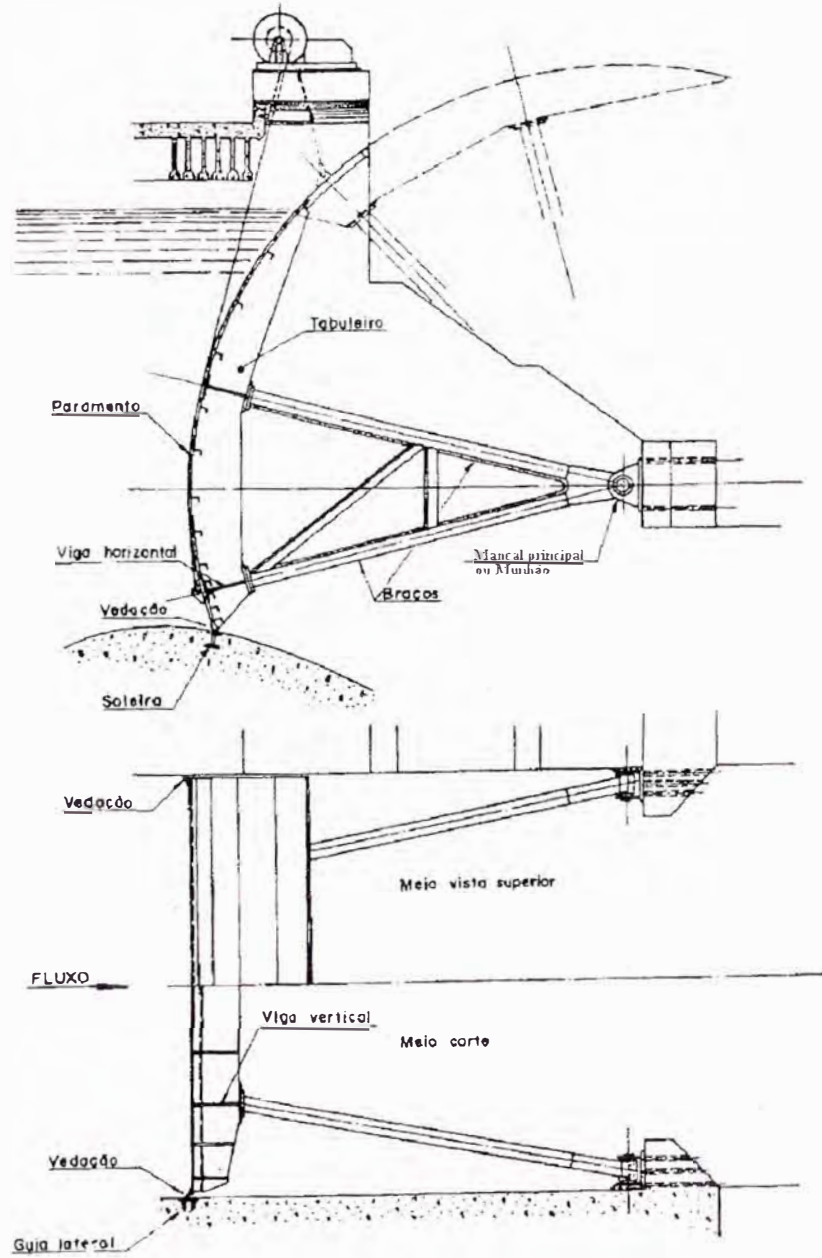


Figura 6 - Comporta-segmento

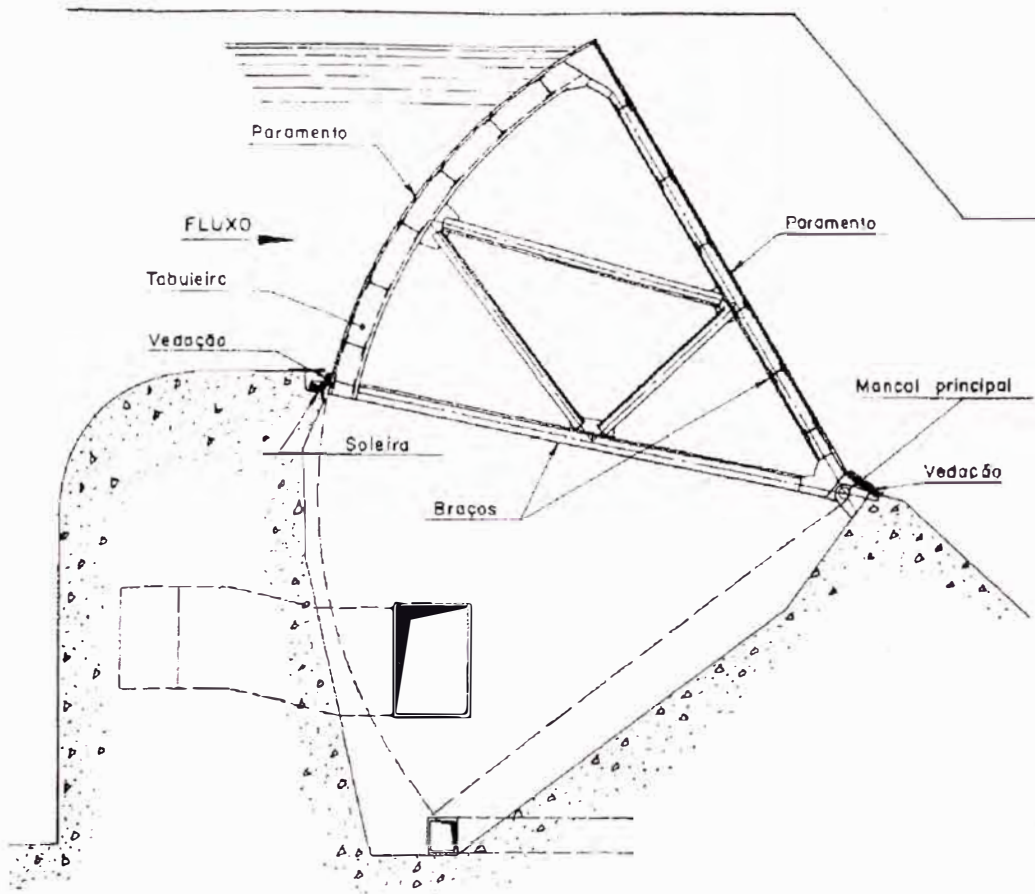


Figura 7 - Comporta-setor

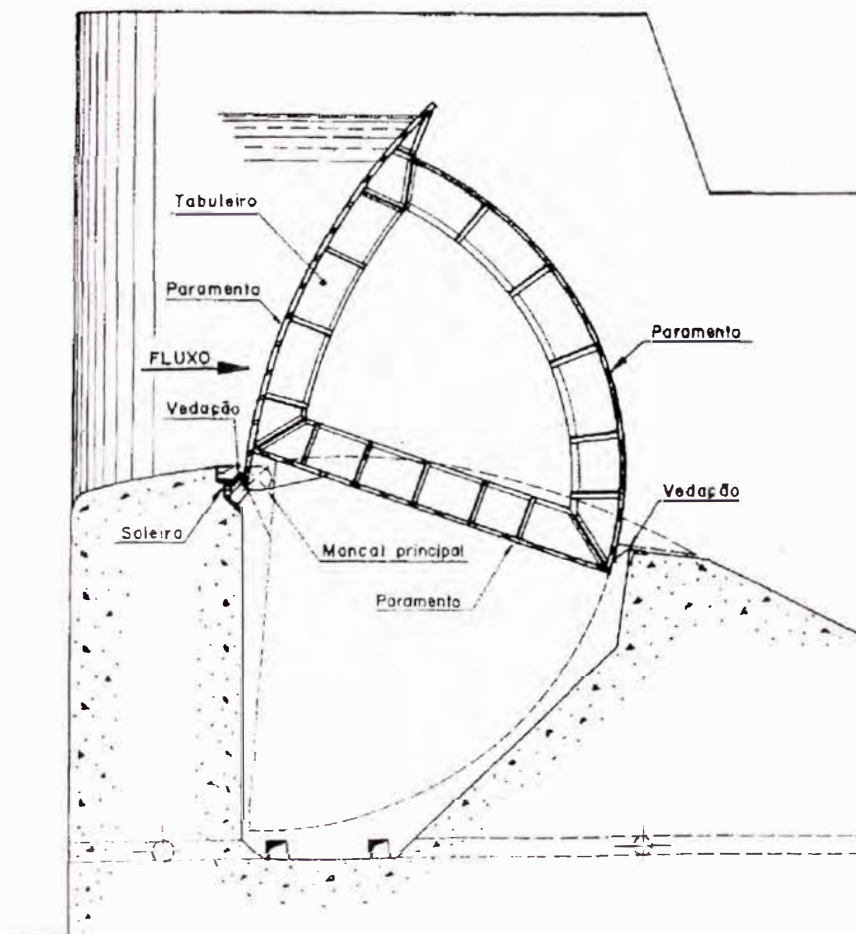


Figura 8 - Comporta-tambor

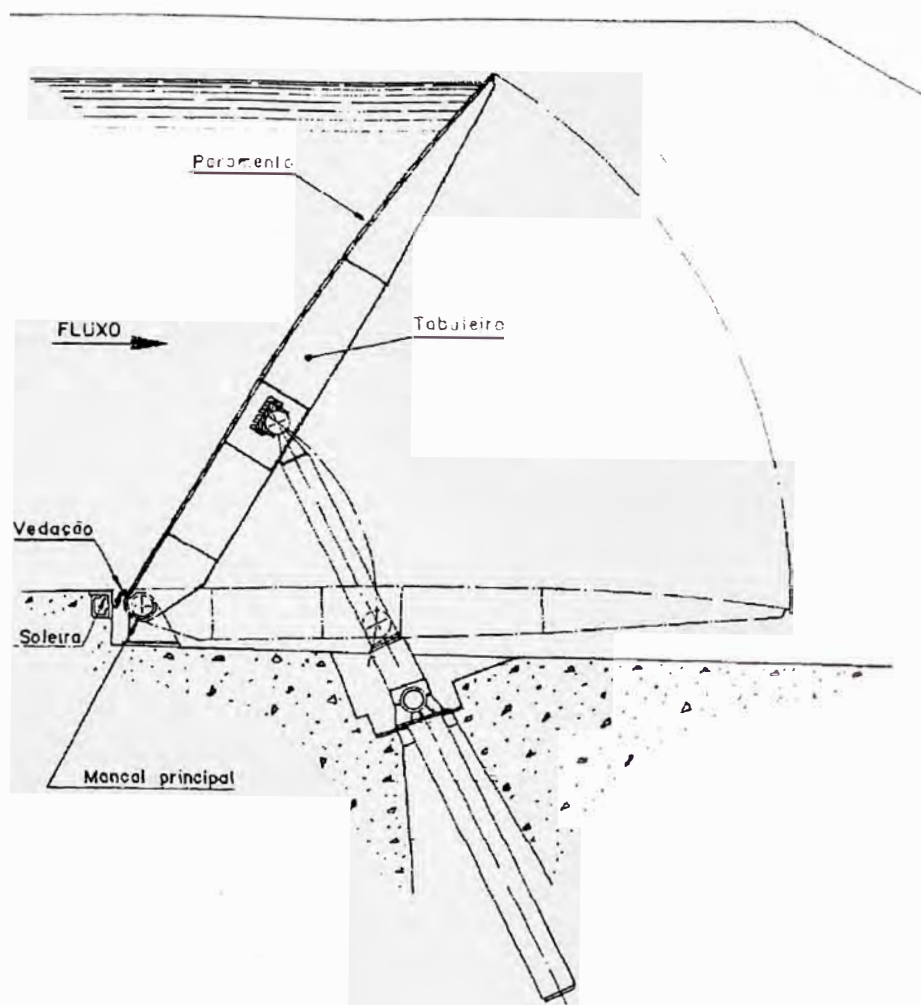


Figura 9 - Comporta basculante

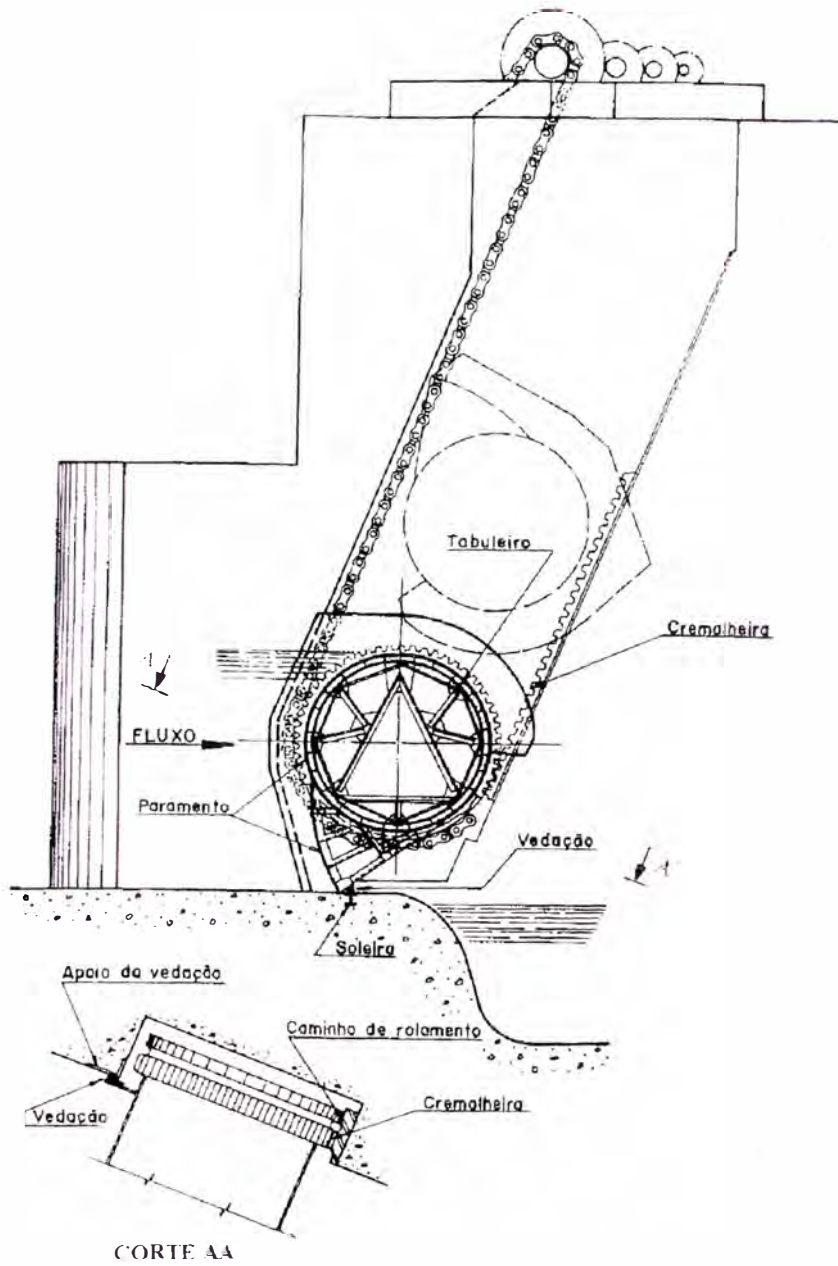


Figura 10 - Comporta rolante

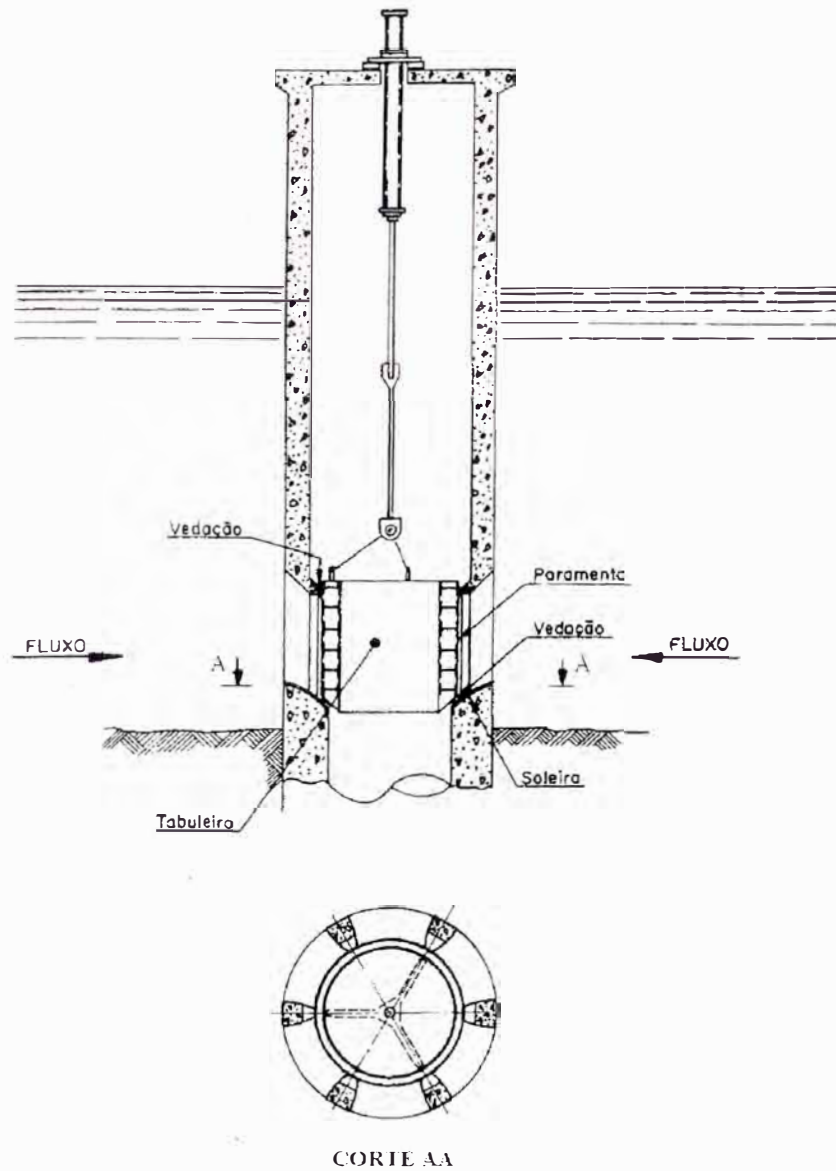


Figura 11 - Comporta cilíndrica

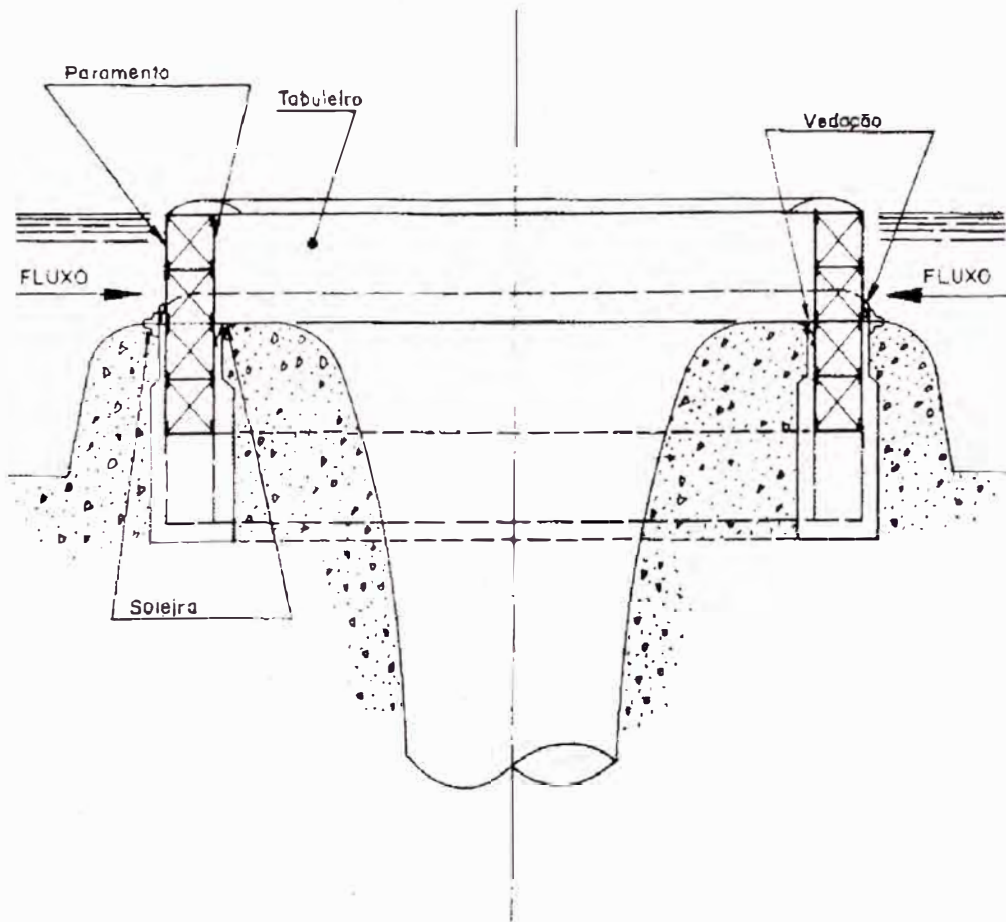


Figura 12 - Comporta-anel

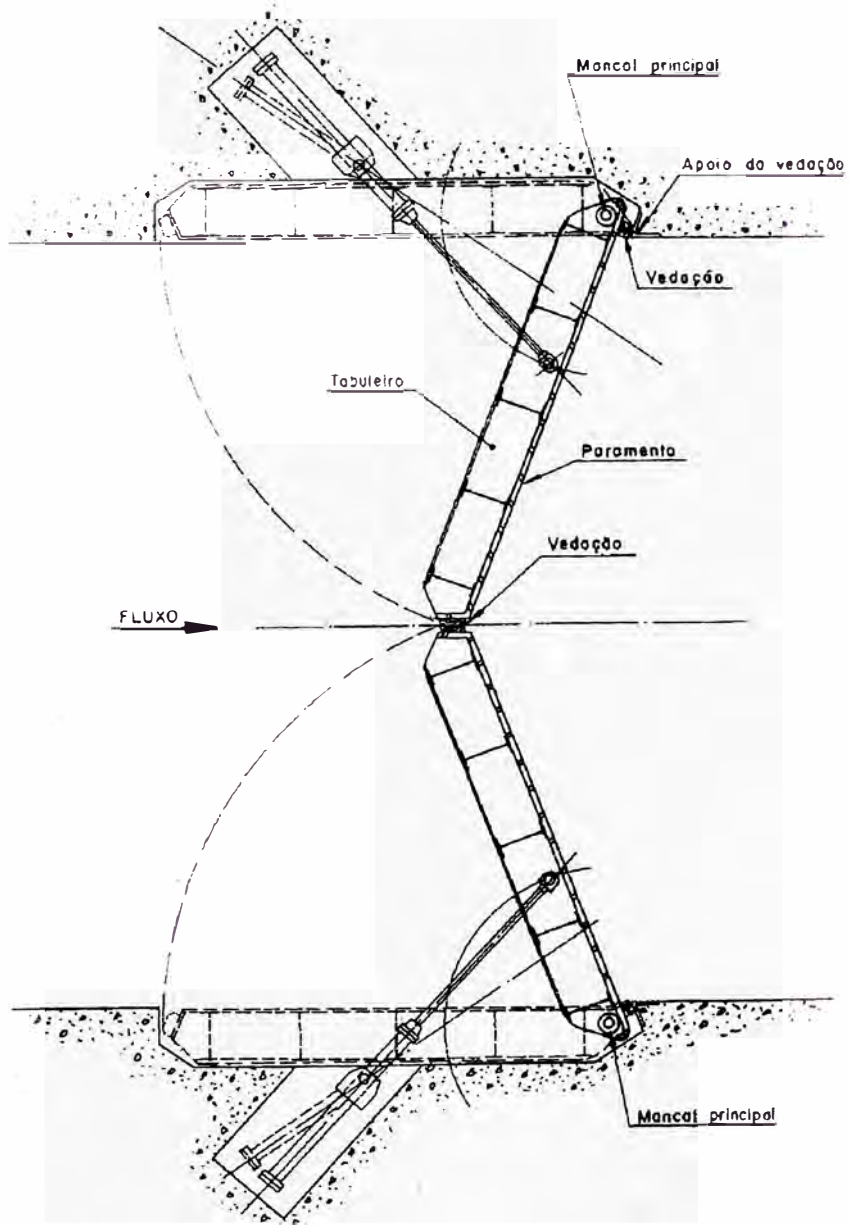


Figura 13 - Comporta-mitra

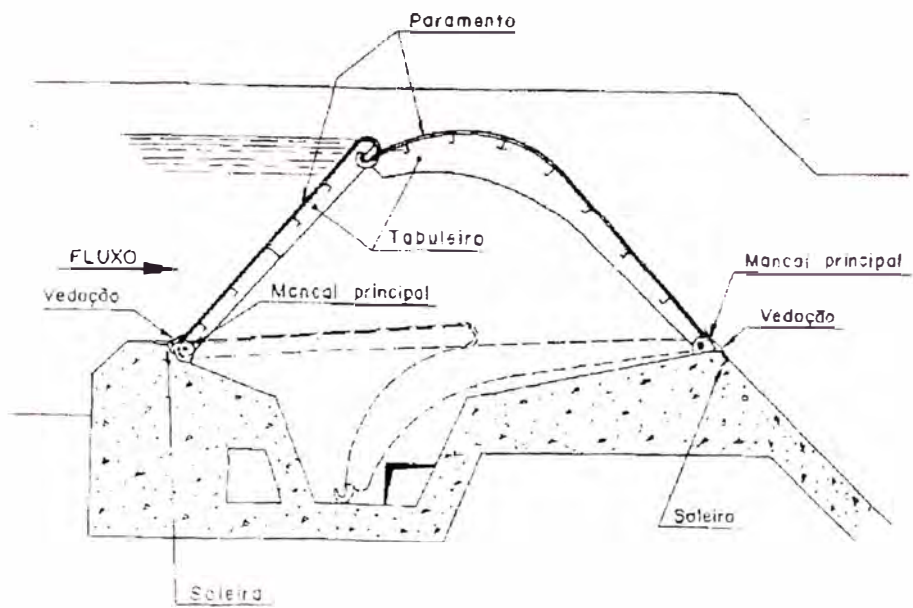


Figura 14 - Comporta-telhado

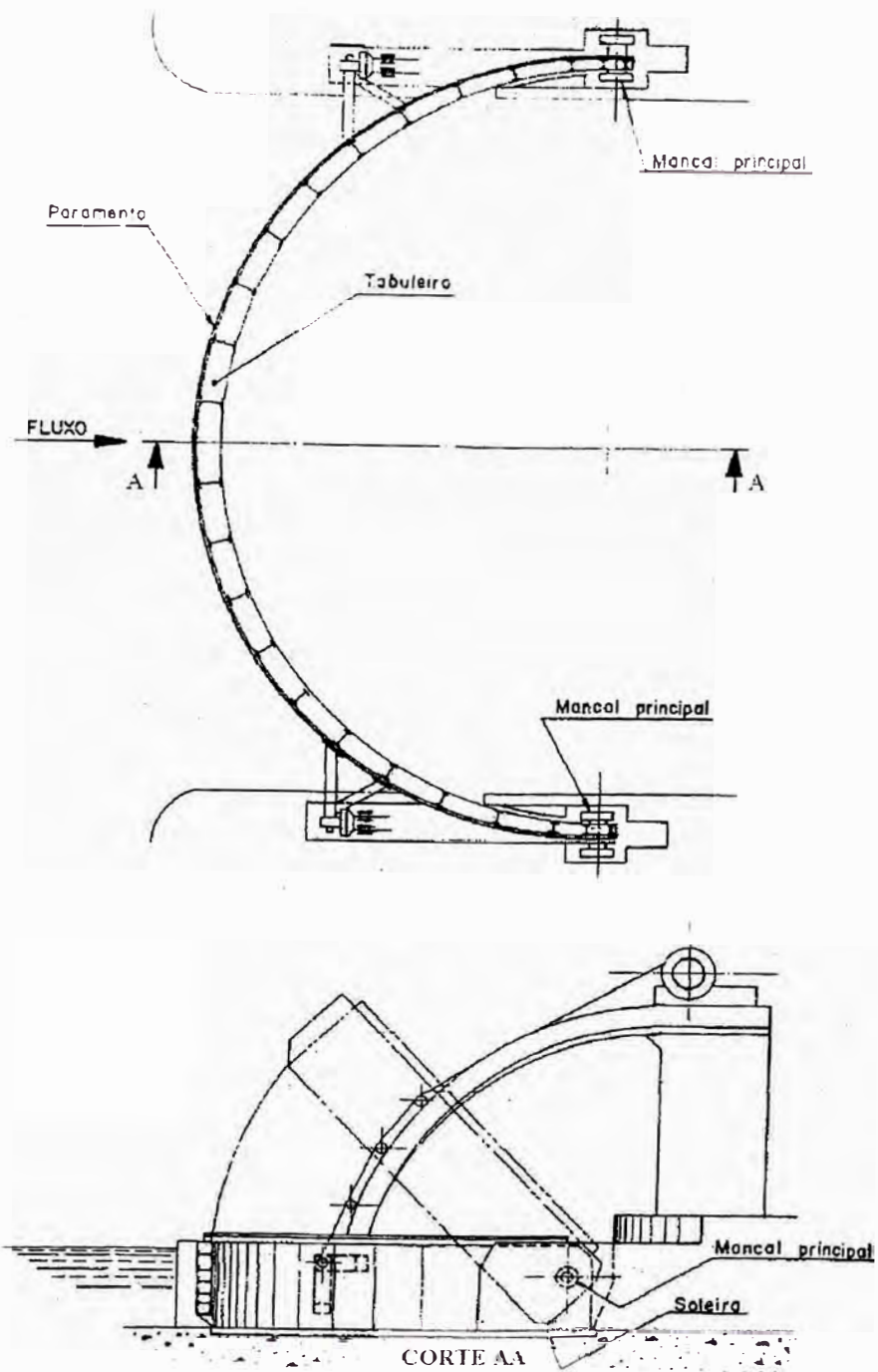


Figura 15 - Comporta-visor