

ÍNDICE.

| | |
|--|----|
| 1.- ESTRUCTURA..... | 3 |
| 1.1.- Introducción..... | 3 |
| 1.2.- Método de cálculo. | 3 |
| 1.2.1.- Descripción del problema a resolver. | 4 |
| 1.2.2.- Descripción del análisis efectuado por el programa..... | 4 |
| 1.3.- Reglamentos de aplicación. | 5 |
| 1.4.- Acciones adoptadas en el cálculo. | 7 |
| 1.5.- Condiciones de seguridad..... | 15 |
| 1.6.- Consideraciones. | 16 |
| 1.7.- Características y materiales empleados..... | 16 |
| 1.7.1.- Control..... | 18 |
| 1.7.2.- Condiciones de deformabilidad. | 18 |
| 1.8.- Acciones adoptadas en el cálculo. | 18 |
| 1.9.- Cálculo de los elementos de la cubierta..... | 20 |
| 1.9.1.- Evaluación de acciones..... | 21 |
| 1.9.1.1.- Cálculo de tensiones..... | 21 |
| 1.9.1.2.- Cálculo de esbelteces. | 22 |
| 1.9.1.3.- Pandeo lateral. | 22 |
| 1.9.1.4.- Abolladura del alma. | 23 |
| 1.9.1.5.- Criterios límites de tensión, esbeltez y flecha. | 23 |
| 1.9.2.- Cálculo de las correas..... | 23 |
| 1.9.2.1.- Esfuerzos sobre la cubierta..... | 23 |
| 1.10.- Cálculo de estructuras metálicas. | 24 |
| 1.11.- Cimentación de la nave..... | 27 |
| 1.11.1.- Introducción..... | 27 |
| 1.11.2.- Zapatas. | 28 |
| 1.11.3.- Vigas de atado. | 29 |
| 1.11.4.- Cálculo de los elementos de la cimentación. | 33 |
| 1.11.5.- Resultado del programa Cype ingenieros. | 34 |
| 1.11.6.- Vigas centradoras. | 36 |
| 1.12.- Placas de anclaje de la nave..... | 36 |
| 1.12.1.- Introducción..... | 36 |
| 1.12.2.- Uniones soldadas..... | 37 |
| 1.12.3.- Cálculo de las placas de anclaje. | 38 |
| 1.14.- Depósito de almacenamiento de agua. | 40 |
| 1.14.1.- Códigos aplicables. | 41 |
| 1.14.2.- Materiales a emplear en tanques de almacenamiento. | 42 |
| 1.14.3.- Soldaduras en tanques de almacenamiento. | 46 |
| 1.14.4.- Juntas verticales del cuerpo..... | 47 |
| 1.14.5.- Juntas horizontales. | 48 |
| 1.14.6.- Soldadura del fondo. | 48 |
| 1.14.7.- Juntas de la placa anular del fondo..... | 49 |
| 1.14.8.- Boquillas en tanques de almacenamiento..... | 49 |
| 1.14.8.1.- Boquillas en las paredes del tanque. | 49 |

| | |
|---|----|
| 1.14.8.2.- Boquillas en el techo..... | 53 |
| 1.14.9.- Entrada hombre y accesorios..... | 54 |
| 1.14.9.1.- Entradas hombre horizontales y verticales. | 54 |
| 1.14.9.2.- Venteos..... | 55 |
| 1.14.9.3.- Drenes y sumideros..... | 55 |
| 1.14.10.- Escaleras y plataformas..... | 55 |
| 1.14.10.1.- Requerimientos para plataformas y pasillos (especificado por A.P.I. 650)..... | 56 |
| 1.14.10.2.- requerimientos para escaleras. (Especificado por A.P.I. 650). | 57 |
| 1.14.11.- Cálculo del espesor del tanque..... | 57 |
| 1.14.11.1.- Cálculo de los espesores del cuerpo..... | 58 |
| 1.14.11.2.- Cálculo y selección del espesor del fondo..... | 59 |
| 1.14.11.3. Cálculo y selección de la estructura..... | 60 |
| 1.14.11.4. Cálculo de la estructura y cimentación..... | 63 |

1.- ESTRUCTURA.

1.1.- Introducción.

En este anejo se van a desarrollar los cálculos necesarios para la construcción de un edificio para albergar una lavandería industrial.

Dicha nave tiene una superficie de 1.185,5 m², y se encuentra situada en la parcela número 199 del Polígono Industrial de Arinaga, en el municipio de Agüimes. Esta parcela tiene una superficie de 1.732 m².

La estructura del edificio se realizará con perfiles metálicos laminados, recogiendo en la presente memoria los datos y resultados obtenidos durante el desarrollo.

1.2.- Método de cálculo.

El cálculo de cada una de las edificaciones se ha llevado a cabo, mediante la herramienta informática CYPE, y sus programas GENERADOR DE PÓRTICOS y METAL 3D, de manera que se garanticen los preceptos siguientes:

- La seguridad.
- La funcionalidad.
- La versatilidad de las construcciones.
- La armonía de la construcción y sus instalaciones.
- La estética y armonía con las construcciones adyacentes y el entorno.
- La ventilación e iluminación óptimas.
- La rapidez de ejecución.
- La economía.

1.2.1.- Descripción del problema a resolver.

En el generador de pórticos se dibujará el pórtico y se exportará al Metal 3D, donde se procederá al cálculo de la estructura entera, con las correas, arriostamientos transversales, y todos los elementos que componen la estructura.

El programa permitirá visualizar y realizar los cálculos de la estructura en tres dimensiones, simulando con elementos tipo barras y nudos en las intersecciones de las mismas. Este nos permite emplear cualquier tipo de material para las barras definiendo sus características mecánicas y geométricas.

Con él se pueden obtener la salida gráfica de planos de dimensiones y de las plantas, vigas y pilares, por plotter, impresora y ficheros DXF, así como listado de datos y resultados del cálculo.

1.2.2.- Descripción del análisis efectuado por el programa.

La herramienta Metal 3D de dicho programa permite calcular estructuras tridimensionales (3D) definidas con elementos tipo barras en el espacio y nudos en la intersección de las mismas.

Se puede emplear cualquier tipo de material para las barras y se define a partir de las características mecánicas y geométricas. La introducción de datos se realiza de forma gráfica, así como la consulta de resultados. El programa considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales. Las barras definidas son elementos lineales.

Las cargas aplicadas en las barras se pueden establecer en cualquier dirección.

El programa admite cualquier tipología: uniformes, triangulares, trapezoidales, puntuales, momentos e incremento de temperatura diferente en caras opuestas.

En los nudos se pueden colocar cargas puntuales, también en cualquier dirección. El tipo de nudo que se emplea es totalmente genérico, y se admiten uniones empotradas, articuladas, empotradas elásticamente, así como vinculaciones entre las barras, y de éstas al nudo.

Se puede utilizar cualquier tipo de apoyo, incluyendo la definición de apoyos elásticos en cualquier dirección, y las zapatas de hormigón armado.

También es posible emplear desplazamientos impuestos para cada hipótesis de carga. Las hipótesis de carga que se pueden establecer no tienen límite en cuanto a su número.

Según su origen, se podrán asignar a peso propio, sobrecarga, viento, sismo y nieve.

A partir de las hipótesis básicas se puede definir y calcular cualquier tipo de combinación con diferentes coeficientes de combinación.

A partir de la geometría que se introduzca, se obtiene la matriz de rigidez de la estructura, así como las matrices de cargas por hipótesis simples. Se obtendrá la matriz de desplazamientos de los nudos de la estructura, invirtiendo la matriz de rigidez por métodos frontales.

Después de hallar los desplazamientos por hipótesis, se calculan todas las combinaciones para todos los estados, y los esfuerzos en cualquier sección a partir de los esfuerzos en los extremos de las barras y las cargas aplicadas en las mismas.

1.3.- Reglamentos de aplicación.

La Normativa Básica que ha sido tomada en cuenta, tanto en sus especificaciones técnicas de cálculo, como en sus disposiciones constructivas es la siguiente:

- NBE-FL-90. Fábrica de Ladrillos, cumpliendo además lo indicado en el
- Pliego General para la Recepción de Ladrillos Cerámicos RL-88.
- NTE-QTG/76 para Tejados Galvanizados.
- NTE-QTS para Tejados Sintéticos.

Acciones y consideraciones relativas al terreno.

- Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación (CTE-DB-SE-AE) del CTE (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda. BOE 28.Marzo.06).

- Documento Básico Seguridad Estructural. Cimientos (CTE-DB-SE-C) del CTE (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda. BOE 28.Marzo.06).

- Instrucción de hormigón estructural (EHE) (Real Decreto 2661/1998 de 11 de diciembre del Ministerio de Fomento. BOE 13.Ene.99).

- Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02). (Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre del Ministerio de Fomento. BOE 11.Oct.02).

Seguridad Estructural

- Documento Básico Seguridad Estructural (CTE-DB-SE) del CTE (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo., del Ministerio de la Vivienda. BOE 28.Marzo.06).
SE1 – Resistencia y estabilidad. SE2 – Aptitud al servicio.

Estructuras de acero

- Documento Básico Seguridad Estructural. Acero (CTE-DB-SE-A) del CTE (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda. BOE 28.Marzo.06).

Cimentación.

-Instrucción para el proyecto y ejecución del hormigón en masa o armado EHE-08.

- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE. Acondicionamiento del terreno, cimentaciones 1992. NTE-CSZ 1992. Cimentaciones superficiales: Zapatas.

- Norma EF-96. Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado.

Hormigón armado.

- NCSE-94. Norma de construcción Sismorresistente.

- EHE-08. Instrucción Hormigón Estructural

- RC. Norma vigente para la recepción de cementos

Incendio

- Documento Básico Seguridad en caso de Incendio (CTE-DB-SI) del CTE (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo., del Ministerio de la Vivienda. BOE 28.Marzo.06).

- Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales (R.S.I.E.I.) (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre. B.O.E. nº 303 de 17 de diciembre de 2004) y normas UNE citadas en el mismo.

1.4.- Acciones adoptadas en el cálculo.

Las acciones adoptadas en el cálculo, de acuerdo con la Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación del CTE son las siguientes:

1. Acciones gravitatorias:

Son las producidas por el peso de los elementos constructivos, de los objetos que puedan actuar por razón de uso, y de la nieve en las cubiertas. Se descomponen en con carga y sobrecarga.

1.1- Con carga:

Es la carga cuya magnitud y posición es constante a lo largo del tiempo, salvo en el caso de reforma del edificio. Se descompone en peso propio y carga permanente.

1.1.1- Peso propio:

Es la carga debida al peso del elemento resistente. Se considera como peso propio el peso de las naves, el peso de las correas y en general el peso de todos los elementos constructivos que forman parte de la estructura resistente de la nave.

1.1.2- Carga permanente:

Es la carga debida a los pesos de todos los elementos constructivos, instalaciones fijas, etc..., que soporta el elemento.

1.2- Sobrecarga:

Es la carga cuya magnitud y/o posición puede ser variable a lo largo del tiempo. Puede ser: de uso ó de nieve.

1.2.1- Sobrecarga de uso:

Es la sobrecarga debida al peso de todos los objetos que puedan gravitar por el uso, incluso durante la ejecución. No consideraremos sobrecarga de uso en nuestro caso ya que no está previsto que se haga utilización de la parte superior de las naves.

1.2.2- Sobrecarga de nieve:

Es la sobrecarga debida al peso de la nieve sobre las superficies de cubierta, es decir es el peso de la nieve que, en las condiciones climatológicas más desfavorables, puede acumularse sobre la cubierta.

2. Acciones del viento:

Son las producidas por las presiones y succiones del viento sobre las superficies.

Se admite que el viento, en general, actúa horizontalmente y en cualquier dirección.

Se considera en cada caso la dirección o direcciones que produzcan las acciones más desfavorables.

Las estructuras se estudiarán ordinariamente bajo la actuación del viento en dirección a sus ejes principales y en ambos sentidos.

La acción del viento sobre la superficie correspondiente se halla multiplicando la presión dinámica por el coeficiente eólico correspondiente.

$$p=q^{*}(2/3) \quad (\text{kg/m}^2)$$

$$s=q^{*}(1/3) \quad (\text{kg/m}^2)$$

p: Presión a barlovento.

s: Presión a sotavento.

q: Carga total del viento.

Se determinará en función de varios criterios.

- Según la zona geográfica en la que se encuentren situados los edificios se establecen diferentes zonas eólicas.

- Asimismo, dependiendo de la zona en la que se encuentre el edificio (situación topográfica) se puede considerar zona normal o zona expuesta. Las normas tecnológicas consideran como zonas expuestas las costas, cumbres de

montaña, desfiladeros, bordes de mesetas y aquellos lugares en que puedan preverse vientos locales de intensidad.

- La altura de la edificación sobre el nivel del suelo.

3. Acciones térmicas:

Las acciones producidas por las deformaciones debidas a las variaciones de temperatura, y por las que experimentan los materiales en el transcurso de tiempo por otras causas, deben tenerse en cuenta en las estructuras hiperestáticas muy especialmente en arcos, bóvedas o estructuras semejantes, salvo en los casos que se detallan.

Pueden no considerarse acciones térmicas y reológicas en las estructuras formadas por pilares y vigas cuando se disponen juntas de dilatación a distancia adecuada.

Suele estimarse que la distancia entre juntas de dilatación en estructuras ordinarias de edificación, "de acero laminado, ó de hormigón armado, no debe sobrepasar los 40 m.

4. Acciones reológicas:

Son las producidas por las deformaciones que experimentan los materiales en el transcurso del tiempo por retracción, fluencia bajo cargas y otras cosas.

Las acciones reológicas son despreciables, en general, en los materiales metálicos, cediendo considerarse en el hormigón en masa, armado y pretensado.

5. Acciones sísmicas:

Las acciones sísmicas son las producidas por las aceleraciones de las sacudidas sísmicas. Viene definida en la Norma de Construcción Sismorresistente. Parte General y de Edificación, NCSE-02.

Criterios de aplicación de la Norma.

La aplicación de esta Norma es obligatoria en las construcciones, excepto:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b , sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c , es igual o mayor de 0,08 g.

Si la aceleración sísmica básica es igual o mayor de 0,04 g deberá tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

En los casos en que sea de aplicación esta Norma no se utilizarán estructuras de mampostería en seco, de adobe o de tapial en las edificaciones de importancia normal o especial.

Si la aceleración sísmica básica es igual o mayor de 0,08 g e inferior a 0,12 g, las edificaciones de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, o similares, poseerán un máximo de cuatro alturas, y si dicha aceleración sísmica básica es igual o superior a 0,12 g, un máximo de dos.

La aceleración sísmica de cálculo, a_c se define como el producto:

$$a_c = S \times \alpha \times a_b$$

Donde:

a_b : Aceleración sísmica básica.

α : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción .

Toma los siguientes valores:

Construcciones de importancia normal $\gamma = 1,0$

Construcciones de importancia especial $\gamma = 1,3$

S: Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

Para $a_b \leq 0,1g$

$$S=C/1,25$$

Para $0,1g < a_b \leq 0,4g$

$$S=C/1,25+3,33((a_b/g)-0,1)*(1-(C/1,25))$$

Para $0,4g < a_b$

$$S=1$$

Siendo:

C: Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación.

Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración básica.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica de la figura.

Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, a_b -un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La lista del ANEJO 1. Valores de la aceleración sísmica básica, a_b , y del coeficiente de contribución, K, de los términos municipales con $a_b \leq 0,04 g$, organizado por comunidades autónomas. Para la provincia de Las Palmas se obtiene que:

$$a_b/g=0,4$$

$$K=1$$



Clasificación del terreno. Coeficiente del terreno.

En esta Norma, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750\text{m/s}$. $C=1$.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750\text{m/s} \geq v_s > 450\text{m/s}$. $C=1,3$.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $450\text{m/s} \geq v_s > 200\text{m/s}$. $C=1,6$
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,

$v_s \leq 200 \text{ m/s}$. $C=2$.

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo se determinarán los espesores e_1 , e_2 , e_3 y e_4 de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie.

Se adoptará como valor de C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor e_i , en metros, mediante la expresión:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$$

En los edificios con sótanos bajo el nivel general de la superficie del terreno, los espesores de las distintas capas para clasificar las condiciones de cimentación deben, normalmente, medirse a partir de la rasante.

El coeficiente C no contempla el posible colapso del terreno bajo la estructura durante el terremoto debido a la inestabilidad del terreno como en el caso de arcillas sensibles, densificación de suelos, hundimiento de cavidades subterráneas, movimientos de ladera, etc.

Especialmente habrá de analizarse la posibilidad de licuación (o licuefacción) de los suelos susceptibles a la misma.

Para la zona de Canaria, como se puede ver en la figura 1.1, y el anejo 1 de la citada norma, para la provincia de Las Palmas y más concretamente en el término municipal de Agüime, se obtiene una aceleración sísmica básica de 0,04. Debido a este valor se establece que no están exentas de aplicación las edificaciones cuya aceleración sísmica de cálculo, a_b , sea igual o superior a 0,04g, pero se ha considerado que el terreno es compacto y suficiente estable como para absorber las posibles vibraciones que se podrían producir.

6. Acciones del terreno:

Se omitirán en el cálculo ya que la calidad del suelo en cuanto a resistencia, y compactación son suficientes.

1.5.- Condiciones de seguridad.

Se aplicarán los coeficientes de ponderación de cargas correspondientes a las distintas combinaciones de carga.

Al calcular la acción ponderada, se considera que la sobrecarga de nieve y de uso no tiene lugar simultáneamente, ya que si la cubierta está nevada no se realizará el mantenimiento de ésta. Sin embargo, se considerará la acción más desfavorable de las dos.

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecen las posibles combinaciones de acciones, lo cual constituyen una hipótesis de cálculo. Una combinación de acciones es un conjunto de acciones compatibles que se consideran actuando simultáneamente para una comprobación determinada.

Cada combinación, en general, está formada por acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones variables concomitantes. Cualquiera de las acciones variables puede ser determinante.

La estructura se estudiará bajo los siguientes estados límites:

E.L. Últimos:

- De equilibrio, referida al viento.
- De agotamiento, la respuesta del sistema debe ser superior a la tensión última.
- De pandeo, para toda pieza comprimida.

E.L. de Servicio:

- De deformación.

Elementos de hormigón en masa o armado

De acuerdo con los niveles de control establecidos y la instrucción EHE-08, se han adoptado los siguientes coeficientes:

- Minoración de la resistencia del acero..... 1,15
- Minoración de la resistencia del hormigón..... 1,5
- Mayoración de las acciones..... 1,6

Estructura de perfiles laminados de acero

De acuerdo con los niveles de control establecidos y la Norma NBE AE 88, se han adoptado los siguientes coeficientes:

- Mayoración de acciones constantes..... 1,33
- Mayoración de acciones variables..... 1,50

En la combinación de los distintos casos se han seguido las prescripciones de la citada Norma.

1.6.- Consideraciones.

Se consideran todos los nudos rígidos, a excepción de los nudos de los pilares, que en su base se considerarán articulados fijos. Las correas se calcularán como vigas continuas, empleándose correas deslizantes. La luz de cálculos se toma como la distancia entre ejes de dos apoyos consecutivos.

1.7.- Características y materiales empleados.

Hormigón.

Se han establecido de acuerdo con la instrucción EHE-08:

- Tamaño máximo del árido: General: 2 cm
Cimentación: 4 cm

- Cemento tipo Portland I 35

- Resistencia característica: General: 25 N/mm²
Cimentación: 25 N/mm².
Limpieza: 10 N/mm².

- Consistencia: Plástica

Armaduras.

El armado del hormigón se realizará en todos los casos con barras corrugadas de acero B 400 S.

Las armaduras cumplirán las especificaciones que establece la instrucción EHE-08, en cuanto a solapes mínimos, uniones, estribos, etc...

Estructura metálica

Para la estructura metálica se empleará acero de edificación tipo S-275 Y S355, con las siguientes características:

| Materiales utilizados | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| Material | E (GPa) | G (GPa) | σ_e (GPa) | α_t (m/m°C) | γ (kN/m ³) |
| Acero (S275) | 206.01 | 79.23 | 0.28 | 1.2e-005 | 77.01 |
| Acero (S355) | 206.01 | 79.23 | 0.35 | 1.2e-005 | 77.01 |

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de cortadura.

σ_e : Límite elástico.

α_t : Coeficiente de dilatación.

γ : Peso específico.

Los pernos de las placas de anclaje serán de las mismas características que las armaduras definidas para el hormigón armado.

1.7.1.- Control.

Se aplicarán los controles en la recepción de materiales y los ensayos de resistencias correspondientes al nivel Normal. El acero empleado en las armaduras se recibirá acompañado del certificado de garantía del fabricante.

1.7.2.- Condiciones de deformabilidad.

En cualquier elemento solicitado a flexión la relación flecha/luz, bajo la acción de la carga característica, no excederá de 1/500.

1.8.- Acciones adoptadas en el cálculo.

Con cargas.

Como peso propio de los materiales de construcción se han adoptado los siguientes valores:

- Hormigón en masa..... 2,3 t/m³.
- Hormigón armado..... 2,5 t/m³
- Acero..... 7,85 t/m³
- Bloque de hormigón..... 1,3 t/m³

En cuanto al peso propio de los elementos constructivos previstos se adoptan:

- Estructura metálica en cubierta nave (correas).....10,53 kg/m²
- Plancha de 0,6 mm en cubiertas..... 6 kg/m²
- Panel sándwich poliuretano 80 mm espesor y accesorios.....12,5 kg/m²
- Peso estructura metálica (21 m luz)..... 21,36 kg/m²

- Losa de hormigón armado de canto 20 cm..... 480 kg/m²
- Losa aligerada de hormigón armado.

Para t= 5 cm y d=20 y 25..... 290kg/cm² y 320 kg/cm²

Sobrecargas.

Sobrecarga de uso.

- Cubiertas. Conservación..... 100 kg/m².
- Locales privados..... 300 kg/m².
- Aseos, escaleras..... 300 kg/m²

Sobrecarga de nieve.

- Nieve. Altura topográfica menor de 200 m..... 40 kg/m².
- Viento. Se adoptan los valores establecidos por la NBE-AE88 partiendo de las condiciones:

- Zona eólica Y
- Altura máxima a 10 m
- Situación topográfica normal
- Edificación sin huecos
- Pendiente de la cubierta 25 %

Acción del viento:

a) Fachadas: 96 kg/m²

- P= 2/3 x 96 = 64 kg/m² (presión - barlovento).
- S= 1/3 x 96 = 32 kg/m² (succión - sotavento).

b) Cubiertas:

- Succión en la cubierta a barlovento: $-17,42 \text{ kg/m}^2$
- Succión en la cubierta a sotavento: $-29,75 \text{ kg/m}^2$

Acciones térmicas y reológicas

Las variaciones de temperatura consideradas son de 30 grados.

Dadas las dimensiones y características de los edificios se disponen juntas estructurales de dilatación y no se tienen en cuenta dichas acciones en los cálculos. La solera de la nave estará subdividida por juntas cada 23 m como máximo. Los elementos constructivos de hormigón armado se han calculado de acuerdo con las prescripciones de la instrucción EHE-08.

1.9.- Cálculo de los elementos de la cubierta.

La cubierta se realiza mediante la colocación de paneles sandwich nervado PERFRISA o similar de 0,9 m de ancho, 30 mm de espesor nominal y con una longitud máxima de fabricación de 12 m.

Su peso, incluidos tapajuntas y amarres, es de $12,5 \text{ kg/m}^2$. La transmisión térmica es de $0,36 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C})$ y su absorción acústica es de 27'5 dB.

El panel se compone de dos paramentos metálicos con un núcleo de espuma de poliuretano y de tapajuntas. El tapajuntas tiene por objeto garantizar la estanqueidad y permite no tener en cuenta los vientos dominantes a la hora de montaje. Cubre y Protege las fijaciones de la Corrosión. La plaqueta, con una superficie de ajuste de 30 cm^2 , asegura el ensamblaje de los dos paneles, permite una sola fijación por correa y reparte los esfuerzos evitando que el tornillo pueda perforar la chapa exterior, ofreciendo la posibilidad de duplicar la fijación en el caso de que las solicitantes lo requieran.

En el punto más alto de la cubierta los paneles están rematados por una cumbrera troquelada especial que el fabricante nos suministra junto con los paneles. Así mismo, también se nos suministrarán los elementos de amarre entre paneles como son: tapajuntas de panel, grapa de sujeción de panel, etc. Los paneles, a su vez, se fijan a las correas mediante ganchos metálicos de 20 cm. de longitud.

1.9.1.- Evaluación de acciones.

- Combinación de carga más desfavorable:

Acciones constantes por 1,33 (Acciones constantes).

Peso propio de la correas: 10 Kg/m^2 + peso propio del material de cubierta: plancha de acero de 0,6 mm de espesor $12,5 \text{ kg/m}^2$)

Nieve x 1,5: $40 \text{ Kg/m}^2 \times 1,5$. En este caso la acción del viento sobre la cubierta, al ser de succión en ambos faldones, disminuye el efecto de las cargas gravitatorias.

- Resumen de acciones sobre las correas:

a) Con carga: $22,5 \text{ Kg/m}^2 \times 1,33 = 29,9 \text{ Kg/m}^2$

b) Sobrecarga de nieve: $40 \text{ Kg/m}^2 \times 1,50 = 60 \text{ Kg/m}^2$

Carga total ponderada $89,9 \text{ Kg/m}^2$

1.9.1.1.- Cálculo de tensiones.

El cálculo de tensiones se hace mediante el criterio de plastificación de Von Mises.

Se ha incluido, para las tensiones normales, la formulación completa de la resistencia de materiales, es decir, incluyendo el producto de inercia en perfiles descritos en ejes no principales (angulares). La comprobación de pandeo se hace

mediante los correspondientes coeficientes w más desfavorables, calculándose éstos a partir de las esbelteces, según se indica en la norma.

1.9.1.2.- Cálculo de esbelteces.

Se calculan las dos esbelteces en cada eje del perfil.

1.9.1.3.- Pandeo lateral.

Para perfiles abiertos se usa el planteamiento expuesto en el anejo 4 de la norma para vigas de sección constante y simetría sencilla. Se particulariza para cargas aplicadas en el baricentro de la sección.

Es importante tener esto en cuenta, ya que resulta $e^* = 0$.

El radio de torsión se calcula para el caso más desfavorable, es decir, apoyos ahorquillados (grado de empotramiento nulo en puntos de arriostramiento), y alabeo libre de las secciones extremas. Se obtiene de esta forma una seguridad suplementaria en la comprobación, que también ha de tenerse en cuenta.

El programa calcula internamente la coordenada del centro de esfuerzos cortantes y la integral “ rx ”, cuando sean necesarios. Las longitudes de pandeo lateral se indican al programa mediante las distancias entre arriostramientos en ala superior e inferior (por defecto la longitud de la barra). El programa selecciona una de ellas dependiendo del signo del flector.

Para el pandeo lateral siempre se trabaja en el eje fuerte del perfil.

Otro parámetro muy importante es el coeficiente de momentos entre puntos de arriostramiento. El programa también trabaja con dos, uno para cada ala. Su inclusión se debe a que la formulación del pandeo lateral está desarrollada para barras sometidas a una distribución de momento flector constante, lo que queda, en la mayoría de los casos, excesivamente del lado de la seguridad. Por tanto, el programa multiplicará el momento crítico de pandeo lateral obtenido para la distribución uniforme, por el coeficiente de momentos correspondiente (en el anejo de la norma se le denomina “ z ”).

1.9.1.4.- Abolladura del alma.

Los perfiles laminados no se comprueban a abolladura.

1.9.1.5.- Criterios límites de tensión, esbeltez y flecha.

El programa comprueba y dimensiona las barras de la estructura según 3 criterios límites:

- Tensión
- Esbeltez
- Flecha

1.9.2.- Cálculo de las correas.

1.9.2.1.- Esfuerzos sobre la cubierta.

La correa se ha considerado como una viga continua cargada uniformemente en sus dos vanos. El siguiente paso es el cálculo del momento flector máximo, a partir del diagrama de momentos. Para ello empleamos la siguiente expresión:

$$M_{\max} = k \times q \times s \times L^2$$

Siendo:

- $k = 0,125$ (correspondiente a una viga de dos vanos)
- $q = 89,9 \text{ Kg/m}^2$
- $s = 2 \text{ m}$
- $L = 6,60 \text{ m}$

$$M_{\max} = k \times q \times s \times L^2 = 0,125 \times 89,9 \times 2 \times 6,60^2 = 979,01 \text{ kp/m}$$

Al no coincidir los ejes principales de la sección con la dirección de las cargas gravitatorias o del momento M_{\max} se calcularán las componentes del momento flector obtenido según dichas direcciones. (Flexión desviada).

- Flexión en el plano perpendicular al faldón de cubierta:

$$M^*_x = M_{\max} \cos 8,13 = 979,01 \cos 8,13 = 969,17 \text{ kp/m.}$$

- Flexión en el plano paralelo al faldón de cubierta:

$$M^*_y = M_{\max} \sin 8,13 = 979,01 \cdot \sin 8,13 = 138,45 \text{ kp/m.}$$

1.10.- Cálculo de estructuras metálicas.

Soportes metálicos.

En los soportes de estructuras la compresión suele venir acompañada de flexión, equivalente a un esfuerzo normal actuando excéntricamente. A continuación se reflejan las comprobaciones necesarias para la determinación de la estructura.

Esbeltez mecánica.

$$\lambda = l_k / i \text{ donde,}$$

l_k : es la longitud de pandeo.

i : es el radio de giro de la sección bruta de la pieza respecto al eje de inercia considerado.

Se recomienda que la esbeltez mecánica de las piezas no supere el valor de 200 en elementos principales.

Longitud de pandeo.

$$l_k = _ \cdot l \text{ donde,}$$

l es la longitud real de la pieza.

$_$ es el coeficiente de pandeo en función de la vinculación de la pieza.

Comprobación de resistencia.- en las barras de sección constante solicitadas a compresión excéntrica se verificará en todo punto:

$$\sigma^* = \frac{N^*}{A} + M_x^* \frac{y}{I_x} + M_y^* \frac{x}{I_y} \leq \sigma_u$$

Donde:

N^* es el esfuerzo normal ponderado.

M_x^* y M_y^* son los momentos flectores ponderados.

A es el área de la sección.

σ_u es la resistencia de cálculo del acero.

Comprobación a pandeo.

$$\sigma^* = N^* \cdot \frac{w}{A} + \frac{M^*}{W_c} \leq \sigma_u$$

Donde:

N^* es el esfuerzo normal ponderado en valor absoluto.

w es el coeficiente de pandeo, función de la esbeltez mecánica de la pieza y del tipo de acero.

W_c es el módulo resistente de la sección relativo al borde en compresión.

M^* es el momento flector máximo ponderado en valor absoluto en la parte central.

Vigas metálicas.

Comprobación de la sección.

En todo punto de la sección debe verificarse:

$$\sqrt{\sigma^*{}^2 + \tau^*{}^2} \leq \sigma_u$$

Donde:

σ^* es la tensión normal ponderada en dicho punto.

τ^* es la tensión tangencial ponderada en dicho punto.

Comprobación de la flecha.

La flecha f (mm) en el centro del vano de una viga apoyada de sección constante constituida por un perfil simétrico de canto h (cm) y luz l (m) viene definido por:

$$f = \alpha \cdot \frac{\sigma \cdot l^2}{h}$$

Donde:

s : es la tensión máxima producida por el máximo momento flector característico (kg/mm^2).

a : es un coeficiente que depende de la clase de sustentación y tipo de carga.

La relación flecha / luz viene limitada por los siguientes valores:

- Para vigas de cubierta: 1 / 250.
- Para vigas de más de 5 m de luz 1 / 400.

Comprobación a pandeo lateral.

Debe cumplirse la condición: $M^* \leq M_{cr}$,

Donde:

M^* es el máximo momento flector ponderado que actúa sobre la viga.

M_{cr} es el momento crítico de pandeo lateral.

1.11.- Cimentación de la nave.

1.11.1.- Introducción.

Las zapatas son el último eslabón entre la estructura y el terreno.

La cimentación se realizará mediante el uso de zapatas rígidas aisladas de hormigón armado, y en el pórtico de la junta de dilatación será zapata combinada aislada, de hormigón HA-25 de resistencia característica, acero para las parrillas de diámetro mayor de 12 mm como recomienda la norma.

Se tendrá en cuenta que los pilares que se encuentra en las dos curvas, tienen una separación pequeña, por lo que se ha optado de realizar un zapata que los contenga.

Los cimientos se deben dimensionar de modo que puedan absorber todos los esfuerzos actuantes y la totalidad de las reacciones inducidas.

La cimentación fue calculada bajo los preceptos de la norma Instrucción del hormigón estructural, EHE 08.

El control de ejecución es NORMAL.

La tensión admisible del terreno de 2 N/m^2 y estará constituida por zapatas perfectamente arriostradas y asentadas sobre una capa de 10 cm de hormigón pobre de limpieza para nivelar el terreno.

Los materiales que constituyen la cimentación se detallan a continuación:

Tipo y Características resistentes:

- Hormigón de limpieza HM-20.
- Hormigón HA-25/B/20/IIa.
- Acero armadura longitudinal B-400-S.

- Acero estribos B-400-S.
- Acero laminado A 42 b.
- Electrodo E 43 1 B.
- Pernos A-4D.

Resumen de medición de elementos de cimentación aislados:

| Elemento | B 400 S, CN (kg) | | | | Hormigón (m³) | |
|---|------------------|----------|---------|---------|----------------------------|----------|
| | Ø12 | Ø16 | Ø20 | Total | HA-25, Control estadístico | Limpieza |
| Referencia: (N43 - N45 - N93 - N94 - N105 - N106 - N107 - N108 - N109 - N110) | | 1037.10 | 1567.44 | 2604.54 | 58.56 | 5.58 |
| Referencias: N1 y N3 | 2x152.42 | | | 304.84 | 2x4.56 | 2x0.51 |
| Referencias: N6, N8, N31 y N33 | | 4x277.11 | | 1108.44 | 4x7.72 | 4x0.70 |
| Referencias: N11, N13, N26 y N28 | | 4x312.53 | | 1250.12 | 4x9.61 | 4x0.96 |
| Referencias: N16, N18, N21 y N23 | | 4x365.99 | | 1463.96 | 4x10.75 | 4x1.02 |
| Referencias: N36 y N38 | | 2x190.98 | | 381.96 | 2x5.70 | 2x0.60 |
| Referencia: N41 | | 338.89 | | 338.89 | 10.42 | 0.99 |
| Referencias: N66 y N70 | | 2x355.56 | | 711.12 | 2x10.89 | 2x1.09 |
| Referencia: N68 | | 418.75 | | 418.75 | 12.50 | 1.19 |
| Totales | 304.84 | 6710.34 | 1567.44 | 8582.62 | 236.12 | 22.90 |

1.11.2.- Zapatas.

El cálculo se ha realizado de acuerdo a la Norma EHE, y a la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado, mediante el programa CYPE.

Las bases de cálculo y características de los componentes de las zapatas son:

- Coeficiente de minoración del hormigón: $\gamma_c = 1,50$
- Coeficiente de minoración del acero: $\gamma_s = 1,15$
- Coeficiente de mayoración de las acciones: $\gamma_t = 1,60$
- Tensión admisible del terreno: $s = 2,0 \text{ N/m}^2$
- Nivel de control: Normal.

Los resultados de las dimensiones y armaduras necesarias para las zapatas de las estructuras de los edificios son los siguientes:

Las zapatas están arriostradas por medio de vigas de centradoras.

Previamente a la cimentación se realizará un relleno de una capa de 10 cm de hormigón de 120 N/m² de resistencia característica como limpieza y de pozos y zanjas, así como para el relleno de excesos de excavación.

En cuanto a la solera, la norma recomienda disponer una solera que consta de una capa de 30 cm de enchachado de piedra, sobre la que se vierte una capa de 20 cm de hormigón armado con malla electrosoldada 15x30 cm de diámetro 5 mm.

Se ha escogido una solera de tipo semi-pesada (RSS-5), según la Norma NTE-RSS-1973 (Soleras). La solera se encuentra apoyada sobre una capa de relleno, de 1 m de espesor, a base de tierra compactada. Extendida sobre terreno compactado mecánicamente y que se terminará enrasándola previo compactado en 2 capas.

El hormigón será de resistencia característica de 250 N/m², formando una capa de 20 cm de espesor. La superficie se terminará mediante reglado y el curado se realizará mediante riego que no produzca deslavado.

Se dispondrá de una junta de retracción (RSS-8) de 1 cm de espesor y una profundidad de 5 cm, formado una cuadrícula de 5 m de lado.

Para aislar el pavimento de los elementos estructurales, como muros, pilares y cimentación, se dispondrá una junta de contorno (RSS-9). Dicho separador será de poliestireno expandido de 2 cm de espesor y una altura mínima igual al espesor de la capa de hormigón (20 cm).

1.11.3.- Vigas de atado.

Las vigas de atado sirven para arriostrar las zapatas, absorbiendo los esfuerzos horizontales por la acción del sismo.

A partir del axil máximo, se multiplica por la aceleración sísmica de cálculo 'a' (no menor que 0,05), y estos esfuerzos se consideran de tracción y compresión (a·N).

De forma opcional se dimensionan a flexión para una carga uniforme p (1 T/ml ó 10 kN/ml) producida por la compactación de las tierras y solera superior. Se dimensionan para un momento $p \cdot l^2/12$ positivo y negativo y un cortante $p \cdot l/2$, siendo l la luz de la viga.

Para el dimensionado se utilizan las combinaciones llamadas de Vigas Centradoras como elemento de hormigón armado.

Se utilizan unas tablas de armado con armado simétrico en las caras.

Se hacen las siguientes comprobaciones:

- diámetro mínimo de la armadura longitudinal
- diámetro mínimo de la armadura transversal
- cuantía geométrica mínima de la armadura de tracción (si se ha activado la carga de compactación)
- cuantía geométrica mínima de la armadura de compresión (si se ha activado la carga de compactación)
- armadura mecánica mínima
- separación mínima entre armaduras longitudinales
- separación máxima entre armaduras longitudinales
- separación mínima entre cercos
- separación máxima entre cercos
- ancho mínimo de vigas ($1/20$ luz)
- canto mínimo de vigas ($1/12$ luz)
- fisuración (0,3 mm, no considerando el sismo)
- longitud de anclaje armadura superior
- longitud de anclaje armadura piel
- longitud de anclaje armadura inferior
- comprobación a cortante (sólo con carga de compactación)
- comprobación a flexión (sólo con carga de compactación)
- comprobación a axil

Para asegurar una efectiva unión entre zapata y viga, las armaduras de éstas serán continuas a lo largo de todo el perímetro, atravesando las zapatas.

Estarán enrasadas con éstas por el borde superior.

Todas las zapatas se unirán perimetralmente mediante vigas de atado de 40x40 cm con una armadura formada por:

- Armadura superior: 2F 16
- Armadura inferior: 2 F 16
- Estribos: 1 F 8c/30

Estas vigas cumplirán una doble función; por una parte rigidizarán la estructura de cimentación y, por otra, servirán de soporte al cerramiento exterior del edificio.

Las características geométricas de las vigas de atado se encuentran en los planos correspondientes.

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero).

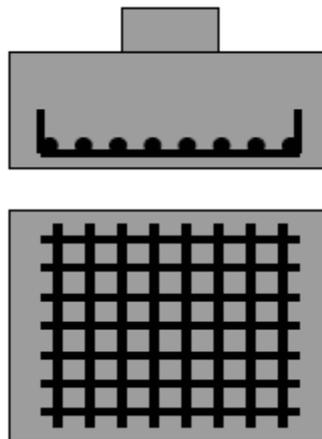
| Elemento | B 400 S, CN (kg) | | | Hormigón (m³) | |
|--|------------------|----------|--------|----------------------------|----------|
| | Ø8 | Ø12 | Total | HA-25, Control estadístico | Limpieza |
| Referencia: C.1 [N8-(N43 - N45 - N93 - N94 - N105 - N106 - N107 - N108 - N109 - N110)] | 5.78 | 19.03 | 24.81 | 0.42 | 0.11 |
| Referencias: C.1 [N66-N36], C.1 [N41-N1] y C.1 [N70-N38] | 3x4.62 | 3x19.84 | 73.38 | 3x0.30 | 3x0.08 |
| Referencias: C.1 [N70-N68] y C.1 [N68-N66] | 2x4.62 | 2x22.35 | 53.94 | 2x0.33 | 2x0.08 |
| Referencias: C.1 [N6-N1] y C.1 [N8-N3] | 2x7.50 | 2x23.83 | 62.66 | 2x0.54 | 2x0.13 |
| Referencias: C.1 [N21-N16], C.1 [N36-N31], C.1 [N23-N18], C.1 [N33-N28], C.1 [N13-N8], C.1 [N16-N11], C.1 [N28-N23], C.1 [N18-N13], C.1 [N26-N21], C.1 [N11-N6], C.1 [N38-N33] y C.1 [N31-N26] | 12x6.93 | 12x25.74 | 392.04 | 12x0.49 | 12x0.12 |
| Referencia: C.1 [N41-(1.73, 8.70)] | 5.77 | 17.69 | 23.46 | 0.41 | 0.10 |
| Referencia: C.1 [N3-(1.60, 17.03)] | 5.78 | 15.51 | 21.29 | 0.40 | 0.10 |
| Totales | 138.59 | 512.99 | 651.58 | 9.80 | 2.45 |

Cimentación.

Partes principales de las que se compone una zapata.

Armadura:

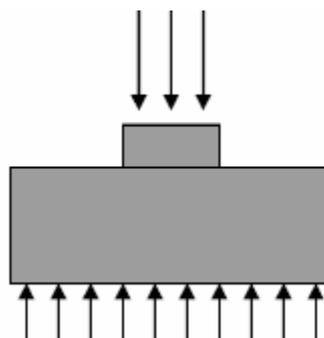
- Material situado en las zonas donde se puede producir flexión.
- Encargado de soportar los esfuerzos de tracción.
- Es el material que garantiza la conexión entre los diferentes elementos constructivos que formen parte del sistema.
- Encargado de coser las posibles fisuras por retracción del hormigón.



Zapata Aislada

Hormigón:

- Material base del cemento.
- Es el encargado de darle forma.
- Soporta los esfuerzos de compresión.
- Protege a la armadura de la corrosión.



Zapata Aislada

1.11.4.- Cálculo de los elementos de la cimentación.

El hormigón utilizado será HA-25, y el acero empleado en las armaduras será acero B400S.

Características del hormigón HA-25:

- Resistencia característica a compresión $f_{ck} = 250 \text{ kp/cm}^2$, $\alpha_c = 1,5$;
 $f_{cd}=250/1,5=166,7\text{kg/cm}^2$.

Características del acero:

- Acero B400S
- Límite elástico: $f_{yk} = 4100 \text{ kg/cm}^2$.

Coeficientes:

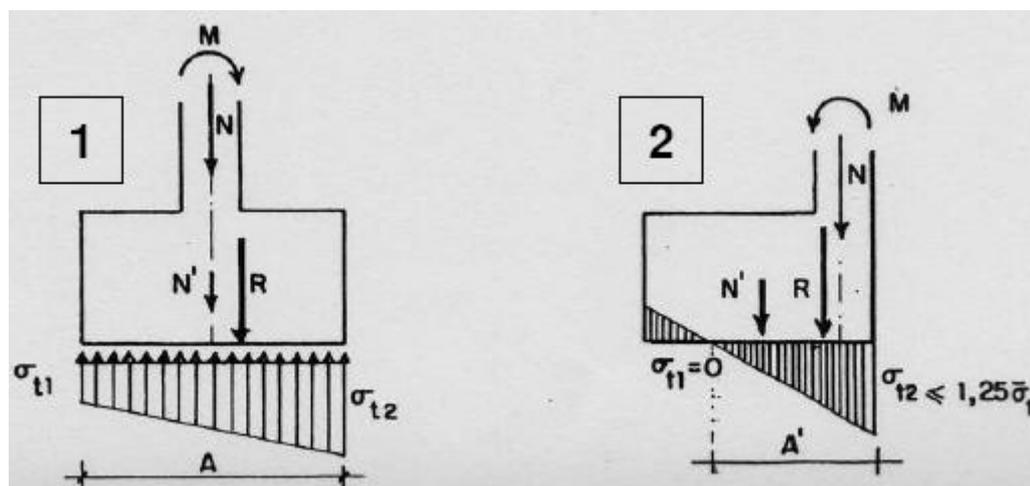
- Coeficiente de minoración del hormigón para un nivel de control normal $\alpha_c = 1,5$.
- Coeficiente de minoración del acero para un nivel de control normal $\alpha_s = 1,15$.
- Coeficiente de hormigonado: 0,9.

Acciones:

- Las transmitidas por la estructura.
- El peso propio de la zapata (2500 kg/m^3).
- El peso de la solera sobre la zapata.

La tensión admisible del terreno a considerar en el cálculo tras análisis de datos obtenidos sobre resistencia del terreno en edificaciones recientes en la zona e inspección del terreno es de 2 kg/cm^2 .

El relleno de la cimentación, se realizará con una capa de 10 cm de hormigón de limpieza de HA-25 N/mm^2 de resistencia a la compresión.



1.11.5.- Resultado del programa Cype ingenieros.

Se adjunta a continuación los valores obtenidos en el programa Metal 3D, con respecto a las zapatas.

| Referencias | Geometría | Armado |
|---|--|--|
| (N43 - N45 - N93 - N94 - N105 - N106 - N107 - N108 - N109 - N110) | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 73.8 cm Ancho inicial Y: 204.7 cm Ancho final X: 641.3 cm Ancho final Y: 575.3 cm Ancho zapata X: 715.0 cm Ancho zapata Y: 780.0 cm Canto: 105.0 cm | Sup X: 48Ø20 c/ 16 Sup Y: 27Ø20 c/ 26 Inf X: 41Ø16 c/ 19 Inf Y: 37Ø16 c/ 19 |
| N1 y N3 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 112.5 cm Ancho inicial Y: 112.5 cm Ancho final X: 112.5 cm Ancho final Y: 112.5 cm Ancho zapata X: 225.0 cm Ancho zapata Y: 225.0 cm Canto: 90.0 cm | Sup X: 17Ø12 c/ 12.5 Sup Y: 17Ø12 c/ 12.5 Inf X: 17Ø12 c/ 12.5 Inf Y: 17Ø12 c/ 12.5 |
| N6, N8, N31 y N33 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 132.5 cm Ancho inicial Y: 132.5 cm Ancho final X: 132.5 cm Ancho final Y: 132.5 cm Ancho zapata X: 265.0 cm Ancho zapata Y: 265.0 cm Canto: 110.0 cm | Sup X: 14Ø16 c/ 18 Sup Y: 14Ø16 c/ 18 Inf X: 14Ø16 c/ 18 Inf Y: 14Ø16 c/ 18 |

| | | |
|---------------------|--|--|
| N41 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 157.5 cm Ancho inicial Y: 157.5 cm Ancho final X: 157.5 cm Ancho final Y: 157.5 cm Ancho zapata X: 315.0 cm Ancho zapata Y: 315.0 cm Canto: 105.0 cm | Sup X: 16Ø16 c/ 19 Sup Y: 16Ø16 c/ 19 Inf X: 16Ø16 c/ 19 Inf Y: 16Ø16 c/ 19 |
| N66 y N70 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 165.0 cm Ancho inicial Y: 165.0 cm Ancho final X: 165.0 cm Ancho final Y: 165.0 cm Ancho zapata X: 330.0 cm Ancho zapata Y: 330.0 cm Canto: 100.0 cm | Sup X: 16Ø16 c/ 20 Sup Y: 16Ø16 c/ 20 Inf X: 16Ø16 c/ 20 Inf Y: 16Ø16 c/ 20 |
| N68 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 172.5 cm Ancho inicial Y: 172.5 cm Ancho final X: 172.5 cm Ancho final Y: 172.5 cm Ancho zapata X: 345.0 cm Ancho zapata Y: 345.0 cm Canto: 105.0 cm | Sup X: 18Ø16 c/ 19 Sup Y: 18Ø16 c/ 19 Inf X: 18Ø16 c/ 19 Inf Y: 18Ø16 c/ 19 |
| N11, N13, N26 y N28 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 155.0 cm Ancho inicial Y: 155.0 cm Ancho final X: 155.0 cm Ancho final Y: 155.0 cm Ancho zapata X: 310.0 cm Ancho zapata Y: 310.0 cm Canto: 100.0 cm | Sup X: 15Ø16 c/ 20 Sup Y: 15Ø16 c/ 20 Inf X: 15Ø16 c/ 20 Inf Y: 15Ø16 c/ 20 |
| N16, N18, N21 y N23 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 160.0 cm Ancho inicial Y: 160.0 cm Ancho final X: 160.0 cm Ancho final Y: 160.0 cm Ancho zapata X: 320.0 cm Ancho zapata Y: 320.0 cm Canto: 105.0 cm | Sup X: 17Ø16 c/ 19 Sup Y: 17Ø16 c/ 19 Inf X: 17Ø16 c/ 19 Inf Y: 17Ø16 c/ 19 |
| N36 y N38 | Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 122.5 cm Ancho inicial Y: 122.5 cm Ancho final X: 122.5 cm Ancho final Y: 122.5 cm Ancho zapata X: 245.0 cm Ancho zapata Y: 245.0 cm Canto: 95.0 cm | Sup X: 11Ø16 c/ 21 Sup Y: 11Ø16 c/ 21 Inf X: 11Ø16 c/ 21 Inf Y: 11Ø16 c/ 21 |

1.11.6.- Vigas centradoras.

| Referencias | Geometría | Armado |
|---|----------------------------------|--|
| C.1 [N8-(N43 - N45 - N93 - N94 - N105 - N106 - N107 - N108 - N109 - N110)] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |
| C.1 [N66-N36], C.1 [N41-N1] y C.1 [N70-N38] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |
| C.1 [N70-N68] y C.1 [N68-N66] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |
| C.1 [N6-N1] y C.1 [N8-N3] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |
| C.1 [N21-N16], C.1 [N36-N31], C.1 [N23-N18], C.1 [N33-N28], C.1 [N13-N8], C.1 [N16-N11], C.1 [N28-N23], C.1 [N18-N13], C.1 [N26-N21], C.1 [N11-N6], C.1 [N38-N33] y C.1 [N31-N26] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |
| C.1 [N41-(1.73, 8.70)] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |
| C.1 [N3-(1.60, 17.03)] | Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8 c/ 30 |

1.12.- Placas de anclaje de la nave.

1.12.1.- Introducción.

La misión de estas placas es la de transmitir las acciones de la estructura a la cimentación de la forma más gradual posible. De esta manera se aumenta el área de presión que ejerce el pilar sobre el hormigón para que la tensión máxima que éste es capaz de soportar no sea sobrepasada y evitar así el punzonamiento en la zapata, ya que, la tensión soportada por el hormigón es muy inferior a la soportada por el acero. Además, servirán de medio de unión entre dos materiales que distintos en su naturaleza: el acero del pilar y el hormigón que constituye la cimentación.

El acero utilizado en las placas de anclaje será del tipo A-42b y todas las placas serán centradas respecto a su centro de gravedad. Las placas de anclaje se unen a los pilares mediante soldadura a tope y dimensiones:

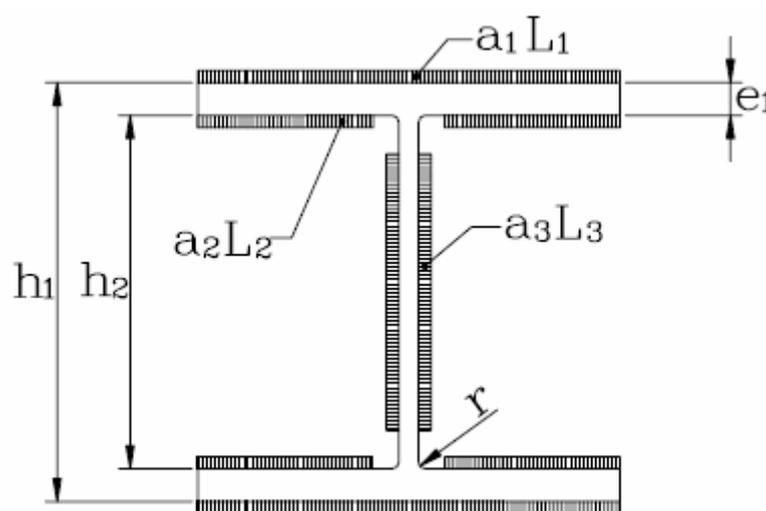
La placa de anclaje se unirá al hormigón por medio de pernos que garantizarán una unión íntima entre ambos elementos para que actúen conjuntamente. Las longitudes de los pernos serán las indicadas y de en prolongación recta. Los pernos se doblarán en su extremo inferior una distancia nunca menor a 15 cm, y su extremo superior estará preparado para roscar y provisto de tuerca.

Los pernos de anclaje se colocarán en el momento de efectuar la cimentación de la zapata. Con lo cual sobresalen 30 mm por encima de la zapata, para poder disponer de una capa de reglaje que nivele todas las alturas y proporcione un asiento uniforme a la placa.

El esfuerzo a compresión de la zapata será resistido, en su totalidad, por el hormigón, siendo los pernos de anclaje los encargados de absorber los esfuerzos de tracción.

1.12.2.- Uniones soldadas.

Las soldaduras se realizarán según lo dispuesto en la Norma NBE-MV-104/1976 (Norma básica de la edificación: ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación).



Anchos de Garganta y longitudes de Soldado

La totalidad de la estructura, una vez terminada, será pintada con antioxidantes prestando especial atención a los cordones de soldadura. La pintura será de marca acreditada y aprobada previamente por el Ingeniero -Director de Obra.

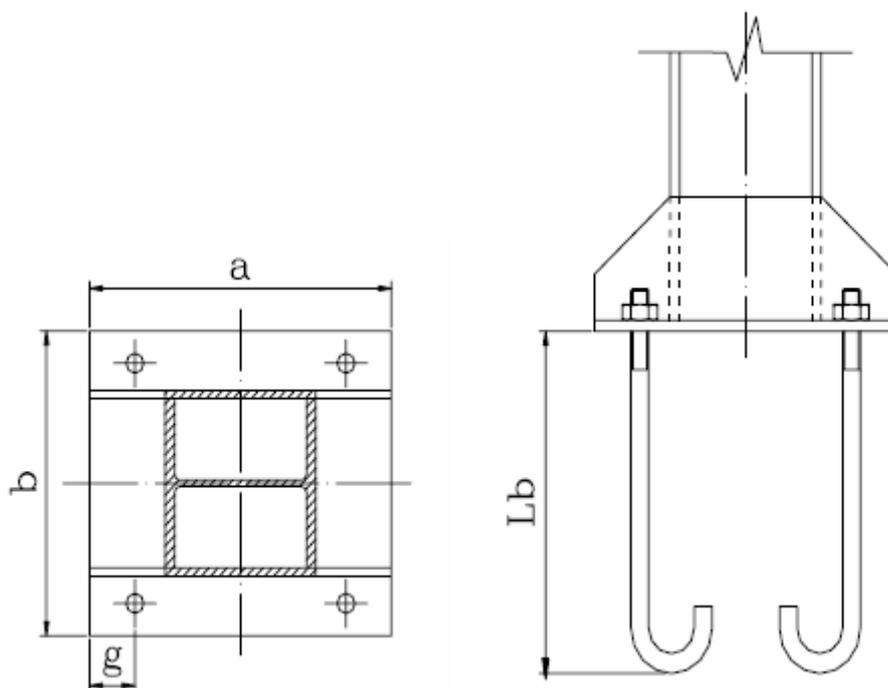
Como ya se comentó las uniones soldadas se realizarán según lo dispuesto en la Norma NBE-MV-104-1976. Es decir, con soldado eléctrico manual, por arco descubierto con electrodo fusible revestido.

Serán de cordón de soldadura continuo con garganta de soldadura de acuerdo con los cálculos en cada caso, según el estado de carga y la forma de los elementos a unir. En todos los elementos de la estructura, sobre todo en aquellos puntos sometidos a mayores acciones y los puntos de enlace con otros elementos, se utilizarán rigidizadores.

1.12.3.- Cálculo de las placas de anclaje.

Las placas de anclaje son los elementos constructivos a través de los cuales los soportes transmiten los esfuerzos al cimiento de manera que éste pueda resistirlo. Son los elementos que unen el soporte a la zapata, en nuestro caso como la nave está elevada, une el soporte al enano.

Para el cálculo se sume que las tensiones de compresión sobre el hormigón se distribuyen uniformemente en una zona cuya extensión es de $\frac{1}{4}$ de la longitud de la placa y que la tracción es absorbida por los pernos.



Placa de Anclaje

Como datos de partida, es necesario conocer:

- Valor característico de los esfuerzos a los que se encuentra sometido el soporte.
- Resistencias características del hormigón empleado en el cimiento f_{ck} y del acero de los pernos f_{yk} .
- Los niveles de control de los materiales y de la ejecución de la cimentación, así como el tipo de daños previsibles en caso de accidente.

Características del acero:

- Acero en base y cartelas: A42b: $s_u = 2600 \text{ kg/cm}^2$.
- Pernos: acero B400S
- Límite elástico: $f_{yk} = 4100 \text{ kg/cm}^2$.

Se adjuntará los resultados obtenidos por el programa Cype Nuevo Metal 3D.

| Descripción | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|
| Referencia | Placa base | Disposición | Rigidizadores | Pernos |
| N1,N3 | Ancho X: 750 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 25 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: - Paralelos Y: - | 4Ø25 mm L=80 cm Prolongación recta |
| N6,N8 | Ancho X: 950 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 35 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x10.0) | 6Ø32 mm L=100 cm Prolongación recta |
| N11,N13,N26, N28 | Ancho X: 1000 mm Ancho Y: 700 mm Espesor: 35 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x18.0) | 8Ø40 mm L=90 cm Prolongación recta |
| N16,N18,N21, N23 | Ancho X: 1000 mm Ancho Y: 700 mm Espesor: 35 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x18.0) | 8Ø40 mm L=95 cm Prolongación recta |
| N31,N33 | Ancho X: 950 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 35 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x11.0) | 6Ø32 mm L=100 cm Prolongación recta |
| N36,N38 | Ancho X: 750 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 25 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: - Paralelos Y: - | 4Ø25 mm L=85 cm Prolongación recta |
| N41 | Ancho X: 850 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 40 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: 2(150x0x8.0) Paralelos Y: 2(150x0x9.0) | 8Ø40 mm L=95 cm Prolongación recta |
| N43,N68 | Ancho X: 950 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 35 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: 2(200x0x10.0) Paralelos Y: - | 6Ø32 mm L=95 cm Prolongación recta |
| N45 | Ancho X: 800 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 30 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: 2(150x35x7.0) Paralelos Y: - | 8Ø32 mm L=90 cm Prolongación recta |
| N66,N70 | Ancho X: 800 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 30 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | Paralelos X: 2(200x85x9.0) Paralelos Y: - | 8Ø32 mm L=90 cm Prolongación recta |

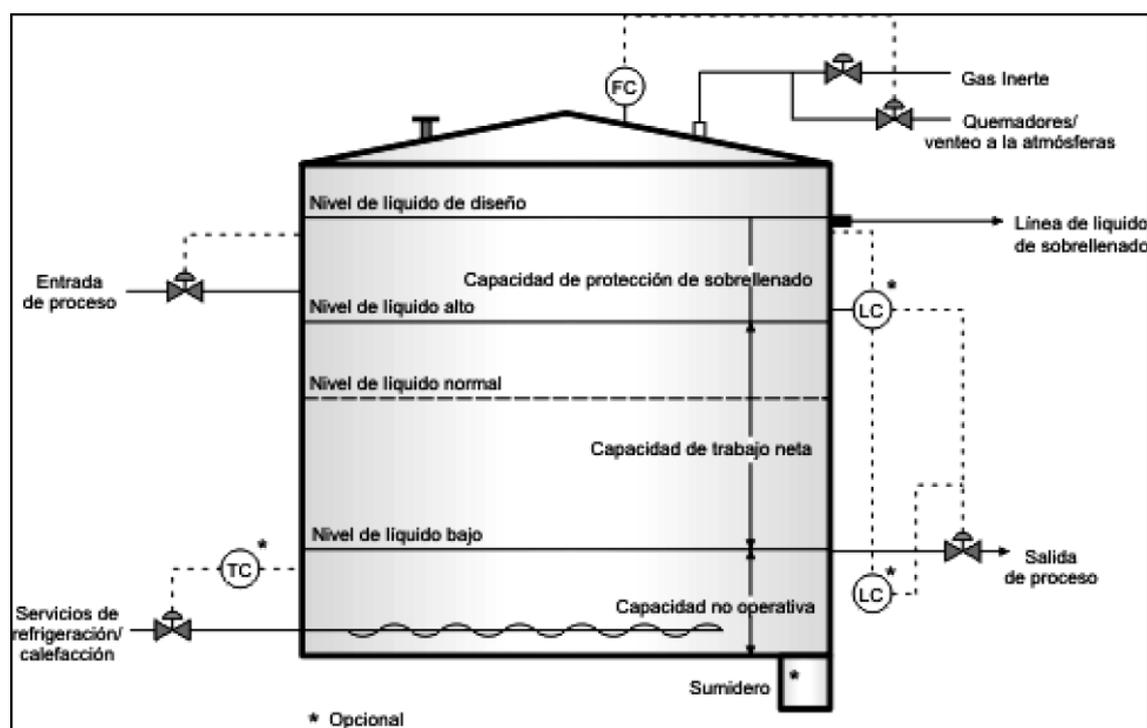
1.14.- Depósito de almacenamiento de agua.

Los Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Estos tipos de tanques se clasifican en:

- De techo fijo.
- De techo flotante.
- Sin techo.

En este proyecto sólo trataremos los tanques de techo fijo (autosoportado y soportado por estructura).



1.14.1.- Códigos aplicables.

En los Estados Unidos de Norteamérica y en muchos otros países del mundo, incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, se basa en la publicación que realiza el "Instituto Americano del Petróleo", al que esta institución designa como "STANDAR A.P.I. 650", para tanques de almacenamiento a presión atmosférica y "STANDAR A.P.I. 620", para tanques de almacenamiento sometidos a presiones internas cercanas a 1 Kg/cm^2 (14 lb/pulg^2). El estándar A.P.I. 650 sólo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están contruidos de acero con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, concreto, asfalto, etc., diseñados para soportar una presión de operación atmosférica o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor de 93 °C (200 °F), y que no se usen para servicios de refrigeración. Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del tanque. En lista de los materiales de fabricación, se sugieren secuencias en la erección del tanque, recomendación de procedimientos de soldaduras, pruebas e inspecciones, así como lineamientos para su operación.

A continuación, mostramos la tabla con los diferentes requerimientos de diversos estándares para la fabricación de tanques de almacenamiento.

| Tabla 1.1 | A.P.I. 650 | | | A.P.I. 620 | | | A.N.S.I. | AWWA |
|-------------------------------|--------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|
| | Básico | Apéndice A | Apéndice F | Básico | Apéndice R | Apéndice Q | B96.1 | |
| Presión Interna Máxima | Atm. | Atm. | 0.17 Kg/cm ² | 1 Kg/cm ² | 1 Kg/cm ² | 1 Kg/cm ² | Atm. | Atm. |
| Temperatura Mínima | NS | (-)28.8°C | NS | (-)45.5°C | (-)54.4°C | (-)167°C | (-)28.8°C | (-)48.3°C |
| Temperatura Máxima | 93.3°C | 93.3°C | 93.3°C | 93.3°C | (-)40°C | 93.3°C | 204°C | RT |
| Espesor Máximo del Cuerpo | 44.4 cm. | 12.7 cm. | 44.4 mm. | NS | NS | NS | NS | 50.8 mm. |
| Espesor Mínimo del Cuerpo | | | | | | | | |
| D < 15.2 m. | 4.76 mm. | | | 4.76 mm. | | | 4.76 mm. | |
| 15.2 m. < D > 36.5 m. | 6.35 mm. | | | 6.35 mm. | | | 6.36 mm. | |
| 36.5 m. < D > 60.9 m. | 7.93 mm. | | | 7.93 mm. | | | 7.93 mm. | |
| D > 60.9 m. | 9.52 mm. | | | 9.52 mm. | | | 9.52 mm. | |
| Espesor Mínimo del Techo | 4.76 mm. | | | NS | | | 4.76 mm. | |
| Espesor Máximo del Techo | 6.35 mm. + CA | | | NS | | | 6.35 mm. | |
| Ángulo Mínimo de Coronamiento | | | | | | | | |
| D < 10.6 m. | 50.8 mm. x 50.8 mm. x 4.76 mm. | | | NS | | | 63.5 mm. x 63.5 mm. x 6.35 mm. | |
| 10.6 m. < D > 18.2 m. | 50.8 mm. x 50.8 mm. x 6.35 mm. | | | NS | | | 63.5 mm. x 63.5 mm. x 7.93 mm. | |
| D > 18.2 m. | 76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm. | | | NS | | | 76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm. | |

REQUERIMIENTOS DE DIVERSOS ESTÁNDARES PARA TANQUES DE FONDO PLANO.

NS = Sin Especificación CA = Corrosión Permisible RT = Temperatura Ambiente

- La temperatura puede ser elevada hasta 260o C cuando se cumplen ciertas especificaciones del material y requerimientos de diseño adicionales.
- Este espesor aplica para tanques con diámetros menores a 6.096 m.
- Este espesor aplica para tanques con diámetros entre 6.096 m. y 36.57 m.
- El espesor mínimo de cualquier placa es 4.76 mm. + corrosión.
- Para espesores mayores de 50.8 mm. se deben cumplir algunos requerimientos especiales
- Para techos cónicos, el espesor de placa puede ser calibre No. 7.

1.14.2.- Materiales a emplear en tanques de almacenamiento.

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que

existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación y la tabla 1.2. muestra la agrupación de los mismos.

ESTÁNDAR A.S.T.M. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

A-36.- ACERO ESTRUCTURAL.

Sólo para espesores iguales o menores de 38 mm. (1 1/2 pulg.). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque.

A-131.- ACERO ESTRUCTURAL.

GRADO A para espesor menor o igual a 12.7 mm (1/2 pulg.)

GRADO B para espesor menor o igual a 25.4 mm. (1 pulg.)

GRADO C para espesores iguales o menores a 38 mm. (1-1/2 pulg.)

GRADO EH36 para espesores iguales o menores a 44.5 mm. (1-3/4 pulg.)

A-283.- PLACAS DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C Para espesores iguales o menores a 25 mm. (1 pulg.).

Este material es el más socorrido, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque. Por tanto es el que utilizamos.

A-285.- PLACA DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C Para espesores iguales o menores de 25.4 mm. (1 pulg.). Es el material recomendable para la construcción del tanque (cuerpo, fondo, techo y accesorios principales), el cual no es recomendable para elementos estructurales debido a que tiene un costo relativamente alto comparado con los anteriores.

A-516.- PLACA DE ACERO AL CARBÓN PARA TEMPERATURAS DE SERVICIO MODERADO.

GRADOS 55, 60, 65 y 70. Para espesores iguales o menores a 38mm. (1-1/2 pulg.). Este material es de alta calidad y, consecuentemente, de un costo elevado, por lo que se recomienda su uso en casos en que se requiera de un esfuerzo a la tensión alta, que justifique el costo.

A- 53.- GRADOS A Y B. Para tubería en general.

A-106.-GRADOS A Y B. Tubos de acero al carbón sin costura para servicios de alta temperatura.

En el mercado nacional, es fácil la adquisición de cualquiera de estos dos materiales, por lo que puede usarse indistintamente, ya que ambos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos exigidos por el estándar y la diferencia no es significativa en sus propiedades y costos.

A-105.- FORJA DE ACERO AL CARBÓN PARA ACCESORIOS DE ACOPLAMIENTO DE TUBERÍAS.

A-181.- FORJA DE ACERO AL CARBÓN PARA USOS EN GENERAL.

A-193.- GRADO B7. Material para tornillos sometidos a alta temperatura y de alta resistencia, menores a 64mm. (2-1/2 (pulg.), de diámetro.

A-194.- GRADO 2H. Material para tuercas a alta temperatura y de alta resistencia.

A-307.- GRADO B. Material de tornillos y tuercas para usos generales.

MATERIALES PARA SOLDADURA

Para el soldado de materiales con un esfuerzo mínimo a la tensión menor de 5625 Kg /cm² (80000lb / pu lg²), los electrodos de arco manual deben estar hechos de materiales cuya clasificación sea AWS: E-60XX y E70XX.

Para soldado de materiales con un esfuerzo mínimo a la tensión de 5625-5976 Kg /cm² (80000-85000lb / pu lg²), el material del electrodo de arco manual debe ser E80XX-CX.

También podrán ser usados otros materiales que sean recomendados por otros Estándares, Códigos o Normas como: A.S.T.M., A.P.I., CSA (Canadian Standar for Standardization.).

| Grupo 1 Rolado Semicalmado | | Grupo 2 Rolado Calmado y Semicalmado | | Grupo 3 Rolado y Calmado Grano Fino | |
|----------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| Material | Notas | Material | Notas | Material | Notas |
| A-283-C | 2 | A-31-B | 7 | A-573-58 | |
| A-285-C | 2 | A-36 | 2 y 6 | A-516-55 | |
| A-131-A | 2 | A-422-55 | | A-516-60 | |
| A-36 | 2 y 3 | A-422-60 | | G40.21-260W | 9 |
| Fe-42-B | 4 | G40.21-260W | | Fe-42-D | 4 y 9 |
| Gdo. 37 | 3 y 5 | Fe-42-C | 4 | Gdo. 41 | 5 y 9 |
| Gdo. 41 | 6 | Gdo. 41 | 5 y 8 | | |

| Grupo 3A Normalizado, Calmado Grano Fino | | Grupo 4 Rolado Calmado, Rolado Fino | | Grupo 4A Rolado y Calmado Grano Fino | |
|--|-----------|-------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|
| Material | Notas | Material | Notas | Material | Notas |
| A-131-CS | | A-573-65 | | A-662-C | |
| A-573-58 | 10 | A-573-70 | | A-573-70 | 11 |
| A-516-55 | 10 | A-516-65 | | G40.21-300W | 9, 11 |
| A-516-60 | 10 | A-516-70 | | G40.21-350W | 9, 11 |
| G40.20-260W | 9 y 10 | A-662-B | | | |
| Fe-42-D | 4, 9 y 10 | G40.21-300W | 9 | | |
| Gdo. 41 | 5, 9 10 | G40.21-350W | 9 | | |
| | | Fe-44-B,C,D | 4 y 9 | | |
| | | Fe-52-C,D | 9 | | |
| | | Gdo. 44 | 5 y 9 | | |

| Grupo 5 Normalizado, Calmado Gano Fino | | Grupo 6 Normalizado, Reducido, Calmado por Temperatura Gano Fino y Reducción al Carbón | |
|--|--------|--|-------|
| Material | Notas | Material | Notas |
| A-573-70 | 10 | A-131-EH,36 | |
| A-516-65 | 10 | A-633-C | |
| A-516-70 | 10 | A-537-I | 9 |
| G40.21-300W | 9 y 10 | A-537-II | 4 y 9 |
| G40.21-350W | 9 y 10 | A-678-A | |
| | | A-678-B | 5 y 9 |
| | | A-737-B | |

- 1.- Todo lo especificado, nombrado y referido por A.S.T.M. excepto G40.21 que está especificado por el Estándar de la Asociación Canadiense, Re 42, Fe 44 y Fe 52 especificado y contenido en ISO 630 y los grados 37, 41 y 44 especificados por el Estándar Nacional Americano.
- 2.- Debe ser semimuerto y muerto.
- 3.- Espesor menor o igual a 12.7 mm. (1/2 pulg.).
- 4.- Máximo contenido de manganeso de 1.5%.
- 5.- Espesor menor o igual a 19.5 mm. (3/4 pulg.), cuando el rolado es controlado.
- 6.- Contenido de manganeso de 0.8% a 1.2%, haciendo análisis de calor en todos los espesores.
- 7.- Espesores menores o iguales a 25.4 mm. (1 pulg.).
- 8.- Debe ser muerto.
- 9.- Debe ser semimuerto y grano fino.
- 10.- Debe ser normalizado.
- 11.- Debe ser tratado térmicamente, con un máximo de carbón de 0.02% y un máximo de manganeso de 1.6%.

1.14.3.- Soldaduras en tanques de almacenamiento.

El estándar A.P.I. 650, se auxilia del Código A.S.M.E. sección IX para dar los alineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales.

El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de

acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

Al efectuar el diseño se deberán preparar procedimientos específicos de soldadura para cada caso.

Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la preparación de los elementos a soldar, así como la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir.

Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón.

La cara ancha de las juntas en "V" y en "U" podrán estar en el exterior o en el interior del cuerpo del tanque dependiendo de la facilidad que se tenga para realizar el soldado de la misma. El tanque deberá ser diseñado de tal forma que todos los cordones de soldadura sean verticales, horizontales y paralelos, para el cuerpo y fondo, en el caso del techo, podrán ser radiales y/o circunferenciales.

1.14.4.- Juntas verticales del cuerpo.

A) Las juntas verticales deberán ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal forma que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas para cumplir con los requerimientos del procedimiento de soldaduras.

B) Las juntas verticales no deberán ser colineales, pero deben ser paralelas entre sí en una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa (5t).

1.14.5.- Juntas horizontales.

A) Las juntas horizontales, deberán ser de penetración y fusión completa, excepto la que se realiza entre el ángulo de coronamiento y el cuerpo, la cual puede ser unida por doble soldadura a traslape, cumplimiento con el procedimiento de soldadura.

B) A menos que otra cosa sea especificada, la junta a tope con o sin bisel entre las placas del cuerpo, deberán tener una línea de centros o fibra media común.

1.14.6.- Soldadura del fondo.

A) SOLDADURAS A TRASLAPE.- Las placas del fondo deberán ser rectangulares y estar escuadradas. El traslape tendrá un ancho de, por lo menos, 32mm para todas las juntas: las uniones de dos o tres placas, como máximo que estén soldadas, guardarán una distancia mínima de 305mm con respecto a cualquier otra junta y/o a la pared del tanque. Cuando se use placa anular, la distancia mínima a cualquier cordón de soldadura del interior del tanque o del fondo, será de 610mm.

Las placas del fondo serán soldadas con un filete continuo a lo largo de toda la unión. A menos que se use un anillo anular, las placas del fondo llevarán bayonetas para un mejor asiente de la placa del cuerpo que son apoyadas sobre el fondo de acuerdo a la Figura 1.4.

B) SOLDADURAS A TOPE.- Las placas del fondo deberán tener sus cantos preparados para recibir el cordón de soldadura, ya sea escuadrando éstas o con biseles en "V". Si se utilizan biseles en "V", la raíz de la abertura no deberá ser mayor a 6.3 mm. (1/4 pulg). Las placas del fondo deberán tener punteada una placa de respaldo de 3.2 mm. (1/8 pulg) de espesor o mayor que la abertura entre placas, pudiéndose usar un separador para conservar el espacio entre las placas.

Cuando se realicen juntas entre tres placas en el fondo del tanque, éstas deberán conservar una distancia mínima de 305 mm. (1 pie) entre sí y/o con respecto a la pared del tanque.

1.14.7.- Juntas de la placa anular del fondo.

La junta radial del fondo de la placa anular deberá ser soldada con las mismas características expuestas en el punto "B" del párrafo anterior y tener penetración y fusión completa. El material de la placa anular será de las mismas características que el material del fondo.

1.14.8.- Boquillas en tanques de almacenamiento.

Todos los tanques de almacenamiento deberán estar provistos de boquillas, las que a continuación se enlistan como las mínimas requeridas que deberán ser instaladas en los tanques de almacenamiento.

- 1.- Entrada (s) de producto (s).
- 2.- Salida (s) de producto (s).
- 3.- Drene (con o sin sumidero).
- 4.- Venteo (s).
- 5.- Entrada (s) de hombre.
- 6.- Conexiones para indicador y/o control de nivel.

1.14.8.1.- Boquillas en las paredes del tanque.

Las boquillas bridadas y/o roscadas, podrán ser como las tablas siguientes y o del tipo SLIP ON, WELDING NECK, LAP JOINT Y TIPO PAD de un rango de 10.5 Kg./cm²), cuando el usuario así lo solicite.

Todas las boquillas de 76mm (3 pulg.) de diámetro y mayores deberán contar con una placa de refuerzo de acuerdo a lo especificado, con el fin de absorber la concentración de esfuerzos debidos a la perforación hecha al tanque y/o a los esfuerzos producidos por la carga que presenta la línea de la boquilla en cuestión, la

cual contará con un barreno de 6.3mm (1/4 pulg.) de diámetro roscado con cuerda NPT para boquillas menores de 356mm (14pulg.) de diámetro nominal y con dos barrenos para boquillas mayores, con la finalidad de que por ellos salga la acumulación de gases al realizar la soldadura y para que, posteriormente, se realice una prueba de hermeticidad.

Las dimensiones y detalles especificados en las figuras y tablas son para boquillas instaladas con sus ejes perpendiculares a las placas del tanque. Cuando las boquillas son instaladas con un ángulo diferente de 90° respecto a las placas del tanque en el plano horizontal, estarán provistas de una placa de refuerzo que tenga un ancho de acuerdo a lo especificado en las tablas 1.3.1. (W o Do), que se incrementa de acuerdo al corte de las placas del tanque (dimensión Dp) por pasar de circular a elíptica cuando se realiza una instalación angular.

En el caso de que sean boquillas de 76 mm. (3 pulg.) de diámetro, (o menores), que tengan un servicio exclusivo de instrumentación o que no presenten carga debida a la línea, podrán colocarse en un ángulo no mayor de 15° con respecto al plano vertical y no llevarán una placa de refuerzo.

DIMENSIONES PARA CUELLOS DE BOQUILLAS.

| Tamaño de Boquilla | Diámetro Exterior del tubo | Espesor Nominal de la Boquilla Pared del Tubo n | Diámetro Interior de la Placa de Refuerzo DR | Longitud, Lado o Diámetro de la Placa de Refuerzo L=Do | Ancho de la Placa de Refuerzo W | Proyección Exterior Mínimo J | Elevación Mínima al Centro de Boquilla | |
|--------------------|----------------------------|---|--|--|---------------------------------|------------------------------|--|-------------|
| | | | | | | | Tipo Regular HN | Tipo Baja C |
| 1219 | 1219 | e | 1222 | 2457 | 2972 | 406 | 1321 | 1229 |
| 1168 | 1168 | e | 1171 | 2356 | 2845 | 406 | 1270 | 1178 |
| 1117 | 1117 | e | 1121 | 2254 | 2724 | 381 | 1219 | 1127 |
| 1067 | 1067 | e | 1070 | 2153 | 2604 | 381 | 1168 | 1076 |
| 1016 | 1016 | e | 1019 | 2051 | 2483 | 381 | 1118 | 1025 |
| 965 | 965 | e | 968 | 1949 | 2356 | 356 | 1067 | 974 |
| 914 | 914 | e | 917 | 1848 | 2235 | 356 | 1016 | 924 |
| 864 | 864 | e | 867 | 1746 | 2114 | 330 | 965 | 873 |
| 813 | 813 | e | 816 | 1645 | 1994 | 330 | 914 | 822 |
| 762 | 762 | e | 765 | 1543 | 1867 | 305 | 864 | 771 |
| 711 | 711 | e | 714 | 1441 | 1746 | 305 | 813 | 720 |
| 660 | 660 | e | 663 | 1340 | 1625 | 305 | 762 | 670 |
| 610 | 610 | 12.7 | 613 | 1257 | 1524 | 305 | 711 | 629 |
| 559 | 559 | 12.7 | 562 | 1156 | 1403 | 279 | 660 | 578 |
| 508 | 508 | 12.7 | 511 | 1054 | 1283 | 279 | 610 | 527 |
| 457 | 457 | 12.7 | 460 | 952 | 1162 | 254 | 559 | 476 |
| 406 | 406 | 12.7 | 409 | 851 | 1035 | 254 | 508 | 425 |
| 356 | 356 | 12.7 | 359 | 749 | 914 | 254 | 457 | 375 |
| 305 | 324 | 12.7 | 327 | 685 | 838 | 229 | 432 | 343 |
| 254 | 273 | 12.7 | 276 | 584 | 717 | 229 | 381 | 292 |
| 203 | 219 | 12.7 | 222 | 483 | 590 | 203 | 330 | 241 |
| 152 | 168 | 11 | 171 | 400 | 495 | 203 | 279 | 200 |
| 102 | 114 | 8.5 | 117 | 305 | 387 | 178 | 229 | 152 |
| 76 | 89 | 7.6 | 92 | 267 | 343 | 178 | 203 | 133 |
| 51 | 60 | 5.5 | 63 | (---) | (---) | 152 | 178 | 89 |
| 38 | 48 | 5.1 | 51 | (---) | (---) | 152 | 152 | 76 |
| 76 | 102 | cople | 105 | 286 | 362 | (---) | 229 | 143 |
| 51 | 73 | cople | 76 | (---) | (---) | (---) | 178 | 76 |
| 38 | 56 | cople | 59 | (---) | (---) | (---) | 152 | 76 |
| 25 | 40 | cople | 43 | (---) | (---) | (---) | 127 | 76 |
| 19 | 33 | cople | 36 | (---) | (---) | (---) | 102 | 76 |

NOTAS:

a) Para tubos extra reforzados en tamaños menores y hasta 305 mm (12 pulg.), consulte el estándar API 5L. Para tamaños mayores que 305 mm (12 pulg.), a 610mm (24 pulg.), consulte la última edición del ASTM A53 ó A106 para otros espesores de pared.

b) El ancho de la placa del cuerpo deberá ser lo suficientemente grande para contener la placa de refuerzo.

c) Las boquillas deberán estar localizadas a la mínima distancia, pero debe cumplir con los límites requeridos, a menos que otra cosa se especifique por el usuario

d) Las dimensiones HN dadas en esta tabla, son sólo para diseños correspondientes a tanques ensamblados en taller.

e) Las boquillas roscadas mayores de 76 mm (3 pulg.) de diámetro requieren placa de refuerzo.

f) Las boquillas bridadas o roscadas de 51 mm (2 pulg.) de diámetro menor no requieren placa de refuerzo (De); será el diámetro de la boquilla en el cuerpo y la soldadura (A), será como se especifica en la tabla columna 6. Las placas de refuerzo pueden ser usadas, aún cuando no sean necesarias.

DIMENSIONES PARA CUELLOS DE BOQUILLAS, TUBOS, PLACAS Y SOLDADURAS

| Espesores del cuerpo y placa refuerzo t y T | Espesor Mínimo de Pared de Tubos de Boquillas Bridadas n | Diámetro Máximo Dp igual al Diámetro Exterior de Tubos mas | Ancho del Filete de Soldadura b | Ancho del Filete de Soldadura (A) | |
|---|--|--|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | | | Boquillas Mayores de 2 pulg. L - Do | Boquillas de 2 pulg. o Menores W |
| 4.76 | 12.7 | 15.87 | 4.76 | 6.35 | 6.35 |
| 6.35 | 12.7 | 15.87 | 6.35 | 6.35 | 6.35 |
| 7.93 | 12.7 | 15.87 | 7.93 | 6.35 | 6.35 |
| 9.52 | 12.7 | 15.87 | 9.52 | 6.35 | 6.35 |
| 11.11 | 12.7 | 15.87 | 11.11 | 6.35 | 6.35 |
| 12.7 | 12.7 | 15.87 | 12.7 | 6.35 | 7.93 |
| 14.28 | 12.7 | 19.05 | 14.28 | 6.35 | 7.93 |
| 15.87 | 12.7 | 19.05 | 15.87 | 7.93 | 7.93 |
| 17.46 | 12.7 | 19.05 | 17.46 | 7.93 | 7.93 |
| 19.05 | 12.7 | 19.05 | 19.05 | 7.93 | 7.93 |
| 20.63 | 12.7 | 19.05 | 20.63 | 9.52 | 7.93 |
| 22.22 | 12.7 | 19.05 | 22.22 | 9.52 | 7.93 |
| 23.81 | 12.7 | 19.05 | 23.81 | 9.52 | 7.93 |
| 25.4 | 12.7 | 19.05 | 25.4 | 11.11 | 7.93 |
| 26.98 | 14.28 | 19.05 | 26.98 | 11.11 | 7.93 |
| 28.57 | 14.28 | 19.05 | 28.57 | 11.11 | 7.93 |
| 30.16 | 15.87 | 19.05 | 30.16 | 12.7 | 7.93 |
| 31.75 | 15.87 | 19.05 | 31.75 | 12.7 | 7.93 |
| 33.33 | 17.46 | 19.05 | 33.33 | 12.7 | 7.93 |
| 34.92 | 17.46 | 19.05 | 34.92 | 14.28 | 7.93 |
| 36.51 | 19.05 | 19.05 | 36.51 | 14.28 | 7.93 |
| 38.1 | 19.05 | 19.05 | 38.1 | 14.28 | 7.93 |
| 39.68 | 20.63 | 19.05 | 38.1 | 14.28 | 7.93 |
| 41.27 | 20.63 | 19.05 | 38.1 | 15.87 | 7.93 |
| 1.68 | 22.22 | 19.05 | 38.5 | 15.87 | 7.93 |
| 44.45 | 22.22 | 19.05 | 38.1 | 15.87 | 7.93 |

1.14.8.2.- Boquillas en el techo.

Las boquillas del techo pueden estar conforme a la Tabla o a bridas SLIP-ON Y WELDING NECH, las cuales están de acuerdo con los requerimientos de la clase 10.5 Kg/cm² (150) para bridas forjadas de acero al carbón de cara realzada en ANSI B16.5.

Las bridas tipo anillo serán conforme a todas las dimensiones de las bridas SLIP-ON, excepto en la extensión del HUB, que puede ser omitido. Las boquillas bridadas o roscadas con diámetro de 152 mm (6 pulg.) y menores no requieren placa de refuerzo, a menos que así lo solicite el usuario.

Se recomienda que todas las boquillas no sean mayores de 305 mm (12 pulg.) de diámetro, excepto las entradas hombre. Los sumideros y conexiones en el fondo tendrán particular atención para el relleno y compactación del suelo para prevenir asentamientos irregulares del tanque, así como para las conexiones y soportes, que tendrán que ser calculadas para confirmar la resistencia del arreglo contra las cargas estáticas y dinámicas, así como de flexión y esfuerzos permisibles.

Las conexiones y arreglos mostrados pueden variar para llevar a cabo la utilidad y servicio de los mismos, por lo que el usuario aprobará dichos arreglos que el fabricante proporcionará.

DIMENSIONES PARA BOQUILLAS BRIDADAS EN EL TECHO (mm.)

| Dimensión Nominal de la Boquilla | Diámetro Exterior del Tubo | Diámetro de Agujero del Techo y Placa de Refuerzo Dp | Proyección Mínima de la Boquilla Hn | Diámetro Exterior de la Placa Dr |
|----------------------------------|----------------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| 305 | 324 | 330 | 152 | 610 |
| 254 | 273 | 279 | 152 | 559 |
| 203 | 219 | 225 | 152 | 457 |
| 157 | 168 | 171 | 152 | 381 |
| 102 | 114 | 117 | 152 | 279 |
| 76 | 89 | 92 | 152 | 229 |
| 51 | 60 | 64 | 152 | 178 |
| 38 | 48 | 51 | 152 | 127 |

DIMENSIONES PARA BOQUILLAS ROSCADAS Y COPLES EN EL TECHO (mm.)

| Dimension Nominal de la Boquilla | Diámetro Nominal del Cople | Diámetro del Agujero del Techo y Placa de Refuerzo Dp | Diámetro Exterior de la Placa de Refuerzo Dr |
|----------------------------------|----------------------------|---|--|
| 305 | 305 | 362 | 610 |
| 254 | 254 | 152 | 559 |
| 203 | 203 | 251 | 457 |
| 152 | 152 | 191 | 381 |
| 102 | 102 | 136 | 279 |
| 76 | 76 | 104 | 229 |
| 2 | 51 | 76 | 178 |
| 38 | 38 | 59 | 127 |
| 25 | 25 | 44 | 114 |
| 19 | 19 | 36 | 102 |

1.14.9.- Entrada hombre y accesorios.

1.14.9.1.- Entradas hombre horizontales y verticales.

Los tanques de almacenamiento contarán, por lo menos con una entrada hombre en el cuerpo o en el techo con la finalidad de poder realizar limpieza, revisiones o reparaciones en el interior del tanque.

Las entradas hombre contarán con una placa de refuerzo según lo muestra la figura, la cual tendrá dos barrenos de 6.3 mm de diámetro con cuerda NPT para prueba, quedando éstos sobre las líneas de centro verticales u horizontales y abiertos a la atmósfera. En caso de que la entrada hombre se encuentre localizada en el techo, se habilitará de acuerdo a la tabla siguiente.

| Diámetro Nominal | Diámetro Interior del Cuello ID | Diámetro Exterior de la Tapa Plana | Diámetro Círculo de Barrenos Db | Número de Tornillos | Diámetro del Empaque | | Diámetro del Agujero en el Techo y Placa de Refuerzo Dp | Diámetro Exterior de la Placa de Refuerzo Dr |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------|----------|---|--|
| | | | | | Interior | Exterior | | |
| 610 | 610 | 762 | 698 | 20 | 610 | 762 | 625 | 1168 |
| 508 | 508 | 660 | 597 | 16 | 508 | 660 | 524 | 1067 |

1.14.9.2.- Venteos.

Los tanques de almacenamiento contarán con una boquilla exclusiva para venteo, la que tendrá que ser diseñada y calculada, con la finalidad de que dentro del tanque no se genere presión interna al ser llenado o vaciado, el cual debe colocarse de ser posible, en la parte más alta del tanque.

1.14.9.3.- Drenes y sumideros.

Los tanques de almacenamiento también deberán contar con una boquilla por lo menos para el drenado de lodos, la cual podrá estar al ras del fondo, dirigidas a un sumidero o por debajo del tanque, como se muestran:

DIMENSIONES PARA SUMIDEROS (mm.)

| Diámetro Nominal del Tubo | Diámetro del Sumidero A | Profundidad del Sumidero B | Distancia del Centro del Tubo de la Pared del Tanque (mm) C | Espesor de las Placas del Sumidero t | Espesor Mínimo del Tubo | Espesor Mínimo de la Boquilla |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 152 | 1524 | 914 | 2590 | 11.11 | 6.35 | 10.97 |
| 102 | 1219 | 610 | 2057 | 9.52 | 6.35 | 8.56 |
| 76 | 914 | 457 | 1524 | 9.52 | 6.35 | 7.62 |
| 51 | 610 | 305 | 1067 | 7.93 | 5.54 | 5.54 |

Los sumideros y conexiones en el fondo tendrán particular atención para el relleno y compactación del suelo para prevenir asentamientos irregulares del tanque, así como para las conexiones y soportes, que tendrán que ser calculadas para confirmar la resistencia del arreglo contra las cargas estáticas y dinámicas, así como de flexión y esfuerzos permisibles.

Las conexiones y arreglos mostrados pueden variar para llevar a cabo la utilidad y servicio de los mismos, por lo que el usuario aprobará dichos arreglos que el fabricante proporcionará.

1.14.10.- Escaleras y plataformas.

Las escaleras, plataformas y barandales tienen la finalidad de situar al personal que así lo requiera en una zona del tanque que necesite de constante

mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo donde se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad al personal.

1.14.10.1.- Requerimientos para plataformas y pasillos (especificado por A.P.I. 650).

- 1.- Todos los componentes deberán ser metálicos.
- 2.- El ancho mínimo del piso será de 610mm. (24 pulg.).
- 3.- Todo el piso deberá ser de material antiderrapante.
- 4.- La altura del barandal a partir del piso será de 1,067mm. (42 pulg.).
- 5.- La altura mínima del rodapié será de 76mm. (3 pulg.).
- 6.- El máximo espacio entre el suelo y la parte inferior del espesor de la placa del pasillo será de 6.35mm. (1/4 pulg.).
- 7.- La altura del barandal central será aproximadamente la mitad de la distancia desde lo alto del pasillo a la parte superior del barandal.
- 8.- La distancia máxima entre los postes del barandal deberá ser de 1168mm. (46 pulg.).
- 9.- La estructura completa tendrá que ser capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg. (1,000 lb), aplicada en cualquier dirección y en cualquier punto del barandal.
- 10.- Los pasamanos estarán en ambos lados de la plataforma, y estarán interrumpidos donde sea necesario para un acceso.
- 11.- Cualquier espacio mayor de 152mm. (6 pulg.) entre el tanque y la plataforma deberá tener pis
- 12.- Los corredores de los tanques que se extienden de un lado al otro del suelo o a otra estructura deberán estar soportados de tal manera que tenga un movimiento relativo libre de las estructuras unidas por los corredores; ésta puede estar acompañada por una firme atadura del corredor a los tanques, además del uso de una junta corrediza o de dilatación en el puente de contacto entre el corredor y el otro tanque (este método permite que en caso de que un tanque sufra ruptura o algún movimiento brusco, el otro no resulte dañado).

1.14.10.2.- requerimientos para escaleras. (Especificado por A.P.I. 650).

- 1.- Todas las partes de la escalera serán metálicas.
- 2.- El ancho mínimo de las escaleras será de 610mm. (24 pulg.).
- 3.- El ángulo máximo entre las escaleras y una línea horizontal será de 50°.
- 4.- El ancho mínimo de los peldaños será de 203mm. (8 pulg.). La elevación será uniforme a todo lo largo de la escalera.
- 5.- Los peldaños deberán estar hechos de rejilla o material antiderrapante.
- 6.- La superior de la reja deberá estar unida al pasamanos de la plataforma sin margen y la altura, medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el borde del mismo de 762 a 864mm. (30 pulg. a 34 pulg.).
- 7.- La distancia máxima entre los postes de la rejilla medidos a lo largo de la elevación de 2,438mm. (96 pulg.).
- 8.- La estructura completa será capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg. (1,000 lb), y la estructura del pasamanos deberá ser capaz de soportar una carga de 90Kg. (200 lb), aplicada en cualquier dirección y punto del barandal.
- 9.- Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de las escaleras rectas; éstos serán colocados también en ambos lados de las escaleras circulares cuando el claro entre cuerpo-tanque y los largueros de la escalera excedan 203mm. (8 pulg.).
- 10.- Las escaleras circunferenciales estarán completamente soportadas en el cuerpo del tanque y los finales de los largueros apoyados en el piso.

1.14.11.- Cálculo del espesor del tanque.

Datos para el cálculo:

Diámetro interior (D) = 600 cm.

Altura (H) = 750 cm.

Corrosión permisible (C.A.) = 0.16 cm.

Material = A-283-C

Esfuerzo de diseño (S_d) = 1,410 Kg/cm².

Esfuerzo de prueba hidrostática (S_t) = 1,580 Kg/cm².

Fluido = agua

Densidad relativa (G) = 1(1,000 Kg/cm³).

Dimensiones de las placas a usar:

Ancho: 182.9 cm.

Largo: 309.6 cm.

| ESPECIFICACION | GRADO | ESFUERZO EN PUNTO CEDENCIA | ESFUERZO A LA TENSION | ESFUERZO DE DISEÑO | ESFUERZO DE PRUEBA |
|----------------|--------|----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| ASTM | | | | | |
| A-283 | C | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-285 | C | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-131 | A,B,CS | 2390 | 4080 | 1600 | 1750 |
| A-36 | | 2530 | 4080 | 1630 | 1750 |
| A-131 | EH36 | 2580 | 4990 | 1200 | 2140 |
| A-442 | 55 | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-442 | 60 | 2250 | 4220 | 1500 | 1690 |
| A-573 | 58 | 2250 | 4080 | 1500 | 1690 |
| A-573 | 65 | 2460 | 4570 | 1640 | 1850 |
| A-573 | 70 | 2950 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-516 | 55 | 2110 | 3870 | 1410 | 1580 |
| A-516 | 60 | 2250 | 4220 | 1500 | 1690 |
| A-516 | 65 | 2460 | 4570 | 1640 | 1850 |
| A-516 | 70 | 2670 | 4920 | 1780 | 2000 |
| A-662 | B | 2910 | 4570 | 1830 | 1980 |
| A-662 | C | 3020 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-537 | 1 | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-537 | 2 | 4220 | 5620 | 2250 | 2410 |
| A-633 | C,D | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-678 | A | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |
| A-678 | B | 4220 | 5620 | 2250 | 2410 |
| A-737 | B | 3510 | 4920 | 1970 | 2110 |

1.14.11.1.- Cálculo de los espesores del cuerpo.

El espesor mínimo especificado en la tabla es de 4,76 mm (t min).

| Diámetro nominal en metros | Espesor mínimo en milímetros |
|----------------------------|------------------------------|
| < 15.24 | 4.76 |
| 15.24 < 36.576 | 6.35 |
| 36.576 < 60.96 | 7.93 |
| > 60.96 | 9.52 |

Utilizando el método de un pie, tendremos que la formula a emplear es:

$$td = \frac{0.0005D(H - 30.48)G}{Sd} + C.A.$$

Cálculo del primer anillo

Espesor por condiciones de diseño.

$$t_d = \frac{0.0005 \cdot 600(750 - 30,48)1}{1410} + 0,16 = 0,313 \text{ cm}$$

$$t_t = \frac{0.0005 \cdot 600(750 - 30,48)1}{1580} + 0,16 = 0,2966 \text{ cm}$$

Debido a que el cálculo de espesor por condiciones de diseño es el que rige y debido a que el fluido a almacenar es agua, podemos descartar el cálculo por prueba hidrostática.

| TRAMO | H (cm) | t_d (cm) | t_t (cm) |
|-------|--------|------------|------------|
| 1 | 750 | 0,313 | 0,2966 |
| 2 | 500 | 0,2599 | - |
| 3 | 250 | 0,20168 | - |

Espesor de placa a utilizar $t_r = 4,76 \text{ mm}$ (por ser el mínimo permitido).

1.14.11.2.- Cálculo y selección del espesor del fondo.

Espesor mínimo especificado en la tabla:

| Espesor Mínimo (mm) del Primer Anillo del Cuerpo | Esfuerzo Calculado para Prueba Hidrostática en el Primer Anillo del Cuerpo (Kg/cm^2) | | | |
|--|---|-------|-------|-------|
| | <1989 | <2109 | <2320 | <2530 |
| $t < 19.05$ | 6.35 | 6.35 | 7.14 | 8.73 |
| $09.05 < 25.4$ | 6.35 | 7.14 | 9.52 | 11.11 |
| $25.4 < 31.75$ | 6.35 | 8.73 | 11.91 | 14.28 |
| $31.75 < 38.10$ | 7.93 | 11.11 | 14.28 | 17.46 |
| $38.10 < 44.45$ | 8.73 | 12.7 | 15.87 | 19.05 |

Notas:

Los espesores especificados en la tabla son los indicados y están basados en una cimentación que proporcione un soporte uniforme debajo de toda la placa anular. La cimentación debe estar bien compactada para evitar esfuerzos adicionales en la placa anular.

El espesor nominal de la placa está en referencia a la construcción del tanque. El espesor especificado está basado en los requerimientos de erección. Será conveniente utilizar las placas más largas disponibles en el mercado para construir el fondo, ya que resultan ser las más económicas, cuyas dimensiones son: 1,829 mm de ancho por 3,096 mm de largo. Si las placas del fondo descansan simétricamente en relación a las líneas de centros del tanque, el número de placas empleadas en la fabricación del fondo se reduce al mínimo. Esto es una gran ventaja, porque las placas pueden estar a escuadrada y cortadas en grupos de 4 placas, en cambio, si están simétricas a un solo eje, sólo dos placas serán a escuadrada y cortadas al mismo tiempo.

Un fondo asimétrico a lo largo de ambas líneas de centros, ocasiona mayor número de placas de diferentes tamaños formando el fondo.

El tamaño de las placas y la localización de los cortes de las mismas se determinan mediante el siguiente procedimiento:

$$S_h = \frac{0.0005D(H - 30.48)G}{t}$$

$$S_h = \frac{0.0005 \cdot 600(750 - 30,48)1}{0,635} = 339,93 \text{ kg/cm}^2$$

Espesor nominal a usar en el fondo = 6.35mm.

1.14.11.3. Cálculo y selección de la estructura.

Debido a que el tanque no tiene un diámetro considerable, el techo que se le colocará será cónico autosoportado.

Este consiste en un cono formado de placas soldadas a tope, el cual por su forma física, además de confirmar mediante un análisis de flexión basado en la teoría de placas, es capaz de sostenerse sin ningún elemento estructural y únicamente soportado en su periferia por el perfil de coronamiento.

Estos techos son diseñados y calculados para tanques que no exceden de un diámetro de 18,288mm, pero es recomendable fabricar estos en un diámetro máximo de 12,192mm, y cualquier dimensión mayor de las mostradas requiere el uso de una estructura capaz de soportar al techo.

Los techos cónicos autoportados tendrán como máximo una pendiente de 9:12 (37°), y como mínimo 2:12 (9.5°), con respecto a la horizontal.

El espesor estará determinado por la siguiente expresión, pero no deberá ser menor de 4,76 mm, y no mayor de 12,7 mm.

$$T_t = \frac{D}{4800 \text{Sen} \theta}$$

$$T_t = 7,57 \text{ cm para un ángulo de } 9,5^\circ.$$

DONDE:

T_t = Espesor mínimo requerido (cm.).

D = Diámetro medio del tanque (cm.).

θ = Ángulo con respecto a la horizontal (grados).

Este espesor no será incrementado en la siguiente relación pues la suma de las cargas muertas más las cargas vivas no exceden 220 Kg /m, más cualquier corrosión permisible.

$$\sqrt{\frac{C_m + C_v}{220}}$$

DONDE:

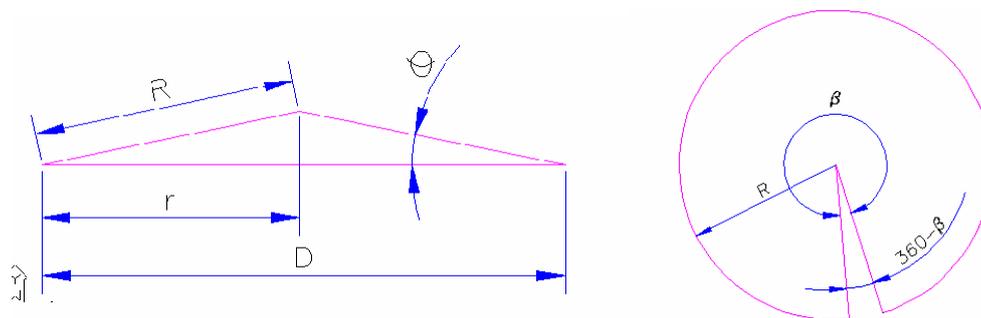
C_m = Carga muerta (Kg /m²).

C_v = Carga viva (Kg /m²).

Para este tipo de techos, se recomienda un espesor de 4.76 mm a 9.52 mm, y en base a estos espesores se obtiene la pendiente más conveniente, dentro de las

limitantes especificadas con anterioridad, estos con la finalidad de que el techo no sea demasiado pesado y a su vez presente dificultad para su fabricación.

El armado del techo sigue los mismos requerimientos y procedimientos que el fondo; estos son generalmente fabricados por placas rectangulares soldadas a tope, partiendo de un disco cuyo radio es la hipotenusa del cono en el cual se distribuirán las placas. A dicho disco se le practicará un corte para que el techo, al ser izado, cierre y tome forma de cono, de acuerdo con lo siguiente:



$$\gamma = 360 - 360r / R = 4,97^\circ.$$

$$R = r / \cos \theta = 300 / \cos 9.5 = 304,2 \text{ cm.}$$

DONDE:

D = Diámetro de asientos del cono (cm.).

$r = D/2$

R = Radio del disco o hipotenusa del cono (cm.).

θ = Angulo del cono con respecto a la horizontal (grados).

β = Angulo de corte del disco

Estos techos por sus dimensiones son armados al nivel del piso, para posteriormente ser levantados y colocados sobre el tanque, lo cual puede ser por sectores por totalmente armado.

1.14.11.4. Cálculo de la estructura y cimentación.

Las características mecánicas obtenidas por el Metal 3D son:

| Material | Descripción | A (cm ²) | Iyy (cm ⁴) | Izz (cm ⁴) | Ixx (cm ⁴) |
|--------------|--|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Acero (S275) | HEB-400, Perfil simple, (HEB) | 197.80 | 57680.00 | 10819.00 | 394.00 |
| Acero (S275) | HEB-450, Con losa de hormigón, (HEB) Losa: 2.00 x 0.20 m (HA-25, Control estadístico) | 747.37 | 260630.40 | 11721.00 | 500.00 |

Nota: Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla de Medición es la siguiente:

| Tabla de medición | | | | | |
|-------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------------|-----------|
| Pieza (Ni/Nf) | Material | Perfil(Serie) | Longitud (m) | Volumen (m ³) | Peso (kp) |
| N95/N91 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 6.88 | 2.904 | 8089.59 |
| N96/N92 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 6.88 | 2.904 | 8089.59 |
| N97/N98 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 6.00 | 2.531 | 7050.78 |
| N99/N100 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 6.00 | 2.531 | 7050.78 |
| N99/N91 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 3.04 | 1.284 | 3576.42 |
| N95/N97 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 3.04 | 1.284 | 3577.31 |
| N96/N98 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 3.04 | 1.284 | 3577.31 |
| N100/N92 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 3.04 | 1.284 | 3576.42 |
| N91/N92 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 2.00 | 0.844 | 2350.26 |
| N95/N96 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 2.00 | 0.844 | 2350.26 |
| N98/N100 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 2.29 | 0.968 | 2696.92 |
| N97/N99 | Acero (S275) | HEB-450([LH]) (HEB) | 2.29 | 0.968 | 2696.92 |
| N105/N97 | Acero (S275) | HEB-400 (HEB) | 0.30 | 0.006 | 46.58 |
| N106/N99 | Acero (S275) | HEB-400 (HEB) | 0.30 | 0.006 | 46.58 |
| N107/N95 | Acero (S275) | HEB-400 (HEB) | 0.30 | 0.006 | 46.58 |
| N108/N96 | Acero (S275) | HEB-400 (HEB) | 0.30 | 0.006 | 46.58 |
| N109/N98 | Acero (S275) | HEB-400 (HEB) | 0.30 | 0.006 | 46.58 |
| N110/N100 | Acero (S275) | HEB-400 (HEB) | 0.30 | 0.006 | 46.58 |

Los resultados de cimentación (tanto elementos aislados como vigas) se mostraron anteriormente en el apartado 1.11.5., viéndose claramente en los planos de cimentación y zapatas.

Fdo:

José Bailón Peidró
E.S.I.
Sevilla, Octubre de 2010