

NORMA TÉCNICA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

NDC-SE-AA-019

CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL



Código	NDC-SE-AA-019
Estado	VIGENTE
Versión	1.0 – 29/09/11
Fuente	GUENA – EMCALI EICE ESP- DISEÑO – CONTRUCCIÓN
Tipo de Documento	NORMA TECNICA DE SERVICIO
Tema	ACUEDUCTO - ALCANTARILLADO
Comité	TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Título	CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL
---------------	--

ÍNDICE

	Pág.
1.0 PROLOGO	4
2.0 OBJETO	5
3.0 ALCANCE	5
4.0 DEFINICIONES	5
5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS	5
6.0 REQUISITOS	6
6.1 TIPOS DE ESTRUCTURAS	6
6.1.1 Estructuras Hidráulicas	6
6.1.2 Otras Estructuras	7
6.2 REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	7
6.2.1 Materiales	8
6.2.2 Espesor mínimo de muros y losas	8
6.2.3 Refuerzo Mínimo	8
6.2.4 Recubrimientos	9
6.2.5 Juntas	9
6.2.6 Condiciones de Cargas	9
6.2.7 Estabilidad Externa	11
6.2.8 Diseño Estructural	11
6.3 REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE OTRAS ESTRUCTURAS	14
6.4 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA EL DISEÑO DE TANQUES	14
6.4.1 Conceptos Básicos de Diseño y Análisis	14
6.4.2 Esquemas Estructurales	15
6.5 MEMORIA DE CÁLCULOS	15
6.6 PLANOS ESTRUCTURALES	16
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1.0 PROLOGO

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

2.0 OBJETO

Establece los parámetros y criterios de diseño estructural para el cálculo y dimensionamiento de estructuras hidráulicas y edificaciones.

3.0 ALCANCE

Esta norma aplica para la ejecución del diseño estructural de las obras nuevas y de la adecuación de estructuras construidas para o por EMCALI EICE ESP, al igual que para el diseño de estructuras hidráulicas y de estructuras tipo edificaciones.

4.0 DEFINICIONES

4.1. ESTRUCTURA HIDRÁULICA

Toda aquella que está en contacto directo con el agua; destinada a hacerle tratamiento a la misma (ya sea para potabilización o de aguas servidas); para mejoramiento del medio ambiente; o en relación directa con sistemas de acueducto y/o alcantarillado. Una clasificación detallada se presenta en el numeral 6.1.1 de la presente norma.

4.2. OTRAS ESTRUCTURAS

Este tipo de estructuras comprenden las obras civiles de las edificaciones que sirvan de soporte administrativo, de operación y/o mantenimiento y las que complementen las estructuras hidráulicas.

5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE.

- Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary. Detroit:ACI. (ACI 350/350R).
- Seismic design of liquid-containing concrete structures and commentary. Detroit: ACI. (ACI 350.3/350.3R)

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA.

- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. Bogotá: AIS, 1995. (CCDSP-95)
- Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 1998. (NSR-10)

EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI – EMCALI EICE ESP

- Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-004)
- Concretos y morteros. EMCALI EICE ESP (NCO-PM-AA-004)

- Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-017)
- Criterios generales para diseño de tanques. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AL-002)
- Juntas y sellos para juntas en estructuras de concreto. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-AA-040)
- Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-016)
- Requerimientos para diseño y construcción de obras de protección de taludes. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-002)
- Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-001)

6.0 REQUISITOS

6.1 TIPOS DE ESTRUCTURAS

Para efectos de la presente norma, las estructuras se clasifican en hidráulicas y otras estructuras, de acuerdo con lo descrito a continuación:

6.1.1 Estructuras Hidráulicas

1. Estructuras de Tratamiento de Aguas:
 - Bocatomas
 - Desarenadores
 - Cámaras de rejillas
 - Cámaras de mezcla rápida
 - Tanques de floculación y sedimentación
 - Tanque de cloración
 - Estructuras para Filtros
 - Galerías de tuberías de filtros
 - Tanques de almacenamiento y de agua potable
 - Estaciones de bombeo
 - Almacenamiento de químicos
 - Edificio de oficinas y laboratorio dentro de instalaciones
2. Estructuras de Tratamiento de Aguas Residuales:
 - Desarenadores

- Tanques de sedimentación, aireación, retención de lodos, igualación
 - Digestores
 - Filtros percoladores
 - Cámaras de contacto con cloro
 - Estaciones de bombeo y sopladores
 - Retenedores de gas
 - Filtros de vacío y centrífugas
 - Estructuras disposición de lodos
 - Almacenamiento de equipos
 - Edificio de oficinas y laboratorio
 - Instalaciones de cribado
3. Canales
 4. Cunetas y canaletas
 5. Box-Culverts fundidos en sitio
 6. Cajas de interconexión de redes
 7. Cajas para accesorios en redes de acueducto (válvulas, pitómetros, bocas de acceso, ventosas, etc).
 8. Estructuras de Separación.
 9. Estructuras Disipadoras
 10. Cámaras de Inspección especiales para alcantarillado
 11. Estructuras para viaductos

6.1.2 Otras Estructuras

Este tipo de estructuras comprenden obras civiles, como edificaciones, puentes, postes de energía, anclajes, soportes de concreto para instalación de tubería en paso elevado, base, atraque y protección en concreto para redes, anclajes de tuberías y accesorios y todas aquellas estructuras no incluidas en el ítem de estructuras hidráulicas.

6.2 REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Para el diseño de las estructuras hidráulicas se deben aplicar las siguientes normas:

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, Ley 400 de 1997 y sus Decretos 33 de 1998, 34 de 1999 y 2809 de 2000 y en especial el Capítulo C.23 – Tanques y estructuras

de ingeniería ambiental de concreto. – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95).

ACI – Committee 350, (1989a), Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350R-89), American Concrete Institute, ACI, Detroit, MI., USA.

Así mismo para las estructuras hidráulicas tales como, culverts (de diferentes secciones), cajas de interconexión de redes y cajas para accesorios en redes de acueducto (válvulas, pitómetros, ventosas y bocas de acceso entre otras) que en razón de su localización se encuentren sometidas a régimen de cargas vehiculares, las normas de diseño a aplicar serán el "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes" y la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO.

6.2.1 Materiales

6.2.1.1 Concreto

La calidad del concreto para las estructuras hidráulicas debe cumplir con los requisitos de la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros" y el Capítulo C.5 de la NSR-10.

La resistencia de diseño a la compresión mínima para el concreto de estructuras hidráulicas debe ser de $f'_c = 28$ MPa (4000 psi) y la relación agua cemento deberá ser máxima de 0.45. Cuando el concreto este expuesto a sulfatos la resistencia mínima debe ser $f'_c = 32$ MPa (4500 psi) con relación de agua cemento máxima de 0.42 (ver C.23-C.4.5 "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10" y tabla 4.3.1 "ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary"). No se deben emplear aditivos de cloruro de calcio en concreto expuestos a sulfatos"

6.2.1.2 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe cumplir con el capítulo C.3.5 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

6.2.2 Espesor mínimo de muros y losas

La definición del espesor mínimo esta controlado por los recubrimientos mínimos requeridos para el refuerzo y por las consideraciones de resistencia e impermeabilidad. No deben emplearse espesores menores a 200 mm; y los muros con alturas libres mayores de 3.0 m deben tener un espesor mínimo de 300 mm. Ver C.23 - C.14.6 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

6.2.3 Refuerzo Mínimo

6.2.3.1 Refuerzo mínimo de elementos sometidos a flexión y por retracción y temperatura

El refuerzo mínimo a flexión será el definido en la sección C.23 – C.7.12 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 y 10.5 del "ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary", excepto para las estructuras hidráulicas sujetas a régimen de cargas vehicular, para las cuales el refuerzo mínimo a flexión será el determinado en la sección A.7.9 del "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes" y la sección 8.17.1 de la AASHTO.

Los detalles de refuerzo, su desarrollo y empalme de refuerzo deben estar de acuerdo con los capítulos C7 y C12 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, excepto

para estructuras sometidas a régimen vehicular, las cuales se regirán por el "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes".

6.2.4 Recubrimientos

Los recubrimientos mínimos de diseño están definidos en el numeral C.23 – C.7.7 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10. y 7.7.1 del "ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary", en el caso en que los elementos sean prefabricados en una planta de prefabricados certificada bajo esquema ISO 9000 versión 2000 los recubrimientos mínimos serán los especificados en el numeral 7.7.2 del "ACI 350/350R", para cualquier otro caso rige el numeral 7.7.1 del "ACI 350/350R"., además de A.1.4.2 – Sistemas prefabricados, C.7.7.2 "Elementos Prefabricados construidos en Planta", capítulo C.16 – "Concreto Prefabricado".

6.2.5 Juntas

Para todo lo relacionado con las juntas en estructuras de concreto, debe consultarse la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-SE-AA-040 Juntas y sellos para juntas en estructuras de concreto", C.20.1.4 "IMPERMEABILIDAD" y C.23 – C.4.10 – "JUNTAS" de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

6.2.6 Condiciones de Cargas

Las cargas de diseño mínimas a contemplar son:

6.2.6.1 Cargas muertas

Las cargas muertas se deben evaluar de acuerdo con el capítulo B.3 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 y deben atenderse los siguientes aspectos:

- Se debe investigar la carga de los equipos en cuartos de equipo pesado, con base en sus fichas técnicas. En el evento donde las máquinas puedan desarmarse en el mismo sitio, la carga de diseño para el piso adyacente a la localización de la máquina será evaluada por el diseñador y consignada en las memorias de cálculo y planos.
- En cuartos de control eléctrico se debe estimar el área de la fundación y el peso del equipo.

6.2.6.2 Cargas vivas

- Deben cuantificarse las cargas vivas teniendo en cuenta como mínimo lo especificado en este numeral (6.2.6.2), en el evento de que el diseñador utilice valores diferentes, debe justificarlos y consignarlos en los planos estructurales.
- Para pasarelas, escaleras y pisos de oficinas y laboratorios se debe utilizar una carga de 500 kg/m².
- Para cubiertas de tanques, se debe utilizar una carga viva de diseño de 500 kg/m².
- En edificaciones para almacenamiento de químicos se debe estudiar la distribución en planta y altura razonable de almacenamiento para obtener las cargas actuantes de acuerdo con las densidades de los materiales que se van a almacenar. Estos datos deben consignarse en las memorias de cálculo y en los planos.
- Deben tenerse en cuenta otras cargas vivas especificadas por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 según el uso de la estructura.
- Debe considerarse la hipótesis de carga hidrostática máxima antes de construir los rellenos, para

tener en cuenta la prueba de estanqueidad (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Densidades según tipo de material

Descripción	Densidad (kg/m ³)
Agua potable	1000
Aguas residuales sin tratar	1010
Arena removida de desarenadores	1760
Lodo digerido aeróbicamente	1040
Lodo digerido anaeróbicamente	1120
Lodos espesado o desaguado dependiendo del contenido de humedad	960 a 1360

- Para las tapas y placas de los sumideros localizados en andén se deberá utilizar una carga viva de 1000 kg/m².
- Para tapas localizadas en andén se deberá utilizar una carga viva de 1000 kg/m² cuando las tapas cuenten con un área menor de 1 m² se tomará una carga mínima de 1000 kg por elemento.
- Para estructuras sometidas a régimen de carga vehicular se deben utilizar las cargas especificadas en el "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes"; el vehículo de diseño que se considera es el camión C4095.
- La distribución de cargas vehiculares debe realizarse de acuerdo con los criterios de las normas AASHTO y/o "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes". Para Box Culverts, la aplicación y distribución de las cargas vivas se deben realizar según la norma de EMCALI EICE ESP "NDC-PM-RA-016 Box Culvert prefabricado en concreto reforzado".
- Para las estructuras cercanas a las vías se debe tomar una sobrecarga por carga viva equivalente a una altura de relleno de 0.70 m.
- Para las cargas de las cámaras de inspección utilizadas en zonas verdes, la carga viva debe ser de 500 kg/m².
- En cuartos de control eléctrico se debe estimar el área de fundación y el peso del equipo. El peso de cualquier unidad debe ser asumido como el que está aplicado en cualquier parte del área de control. Una carga asumida de 1200 kg/m², es en la mayoría de los casos suficiente para cubrir la carga normal".

6.2.6.3 Factor de impacto

Para cargas vehiculares, se deberán considerar los factores de impacto definidos por el "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes" y/o la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO. Para los equipos se deberán emplear el mayor valor entre los factores presentados en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 Numerales B.2.4.2.4 y B.4.4 y los de las fichas técnicas del equipo.

6.2.6.4 Empuje de tierras

Los parámetros para el cálculo de los empujes de tierra deben ser evaluados por el ingeniero geotecnista y deben presentarse en el estudio geotécnico de acuerdo con los requerimientos de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 – Título H – “Estudios Geotécnicos”, y la Norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-GE-001 Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos”.

6.2.6.5 Vibraciones

Se deben tener en cuenta las frecuencias de vibración de las máquinas que se utilizan para evitar vibraciones resonantes con la frecuencia de la estructura. En este caso la frecuencia natural de la estructura se debe calcular para la dirección vertical y para dos direcciones principales.

6.2.6.6 Sismo

Se debe realizar la evaluación de las cargas sísmicas en estructuras hidráulicas, para lo cual se pueden considerar las recomendaciones contenidas en el reporte "ACI 350.3/350.3R Seismic design of liquid-containing concrete structures and commentary", u otros métodos de reconocida aceptación técnica.

Cuando sea del caso se debe verificar sismo para empuje de tierras por el método de análisis numérico con software especializados con sapetabs - safe.

6.2.7 Estabilidad Externa

Para las estructuras hidráulicas se debe efectuar el análisis de estabilidad externa, que incluye cálculos de:

- Factor de seguridad al volcamiento, debe ser mayor de 1.5 , según ACI sección 19.5
- Factor de seguridad al deslizamiento, es de 1.5 según ACI sección 19.5
- Revisión de que no se sobrepase la capacidad portante del terreno
- Flotación

Los factores de seguridad al deslizamiento y al volcamiento se evaluarán para los sistemas estructurales a los cuales sea aplicable su revisión.

Se debe tener en cuenta la posible flotación de las estructuras ya sea causada por el nivel freático o por fugas de agua de las estructuras mismas, para lo cual se considera la estructura vacía y todas las posibles cargas muertas que puedan contrarrestar el fenómeno. Se debe trabajar con factor de seguridad de 1.25 en el caso que se puedan proveer sistemas que permitan limitar la elevación (norma de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-GE-004 Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes") y de 1.50 en caso contrario.

En la verificación de la capacidad portante, se deben considerar todas las cargas actuantes vivas, muertas y sismo.

La estabilidad externa de los muros de contención debe evaluarse de acuerdo con los requisitos de la norma de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-GE-002 Requerimientos para diseño y construcción de obras de protección de taludes".

Se deben tener en cuenta los efectos que puedan producir posibles flujos de agua. Revisión de estabilidad por efectos de carga de viento.

6.2.8 Diseño Estructural

El diseño se llevará a cabo utilizando el Método de resistencia última. Como mínimo se debe considerar los siguientes tipos de carga; las letras entre paréntesis son las iniciales con las que se conocen este tipo de cargas:

I. Peso propio durante construcción	(Carga Muerta - D) (sin losa superior)
II. Peso propio	(Carga Muerta - D)
III. Presión del agua	(Carga Hidrostática - H)
IV. Empuje de tierras	(Empuje lateral del suelo - H)
V. Carga viva	(Carga viva L)
VI. Carga viva (vehicular)	(Carga viva L)
VII. Sobrecarga	(Carga viva L)
VIII. Carga Sísmica (hidrodinámica)	(Sismo E)
IX. Carga sísmica (empuje de tierra)	(Sismo E)

Las resistencias de diseño multiplicadas por los factores de reducción de capacidad ϕ dados en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, deben ser mayores que los efectos de las cargas mayoradas que resultan de multiplicar las cargas de servicio por los factores de carga, de acuerdo con las siguientes combinaciones (el diseñador debe verificar como mínimo las combinaciones presentadas en esta norma):

1.60D

1.40D + 1.70L

1.05D + 1.28L + 1.0E

1.40D + 1.70L + 1.70H

0.90D + 1.00E

0.90D + 1.70H

Adicionalmente, para las estructuras hidráulicas del tipo edificaciones (edificios de oficinas en plantas) se deben tener en cuenta las combinaciones exigidas por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

Para estructuras hidráulicas, además de las combinaciones mencionadas, se debe tener en cuenta las siguientes, de acuerdo con la numeración dada para los casos de carga y a las condiciones específicas de la estructura:

1. Inspecciones durante construcción

El diseñador debe evaluar los posibles sobreesfuerzos que se puedan llegar a generar en razón del proceso constructivo y considerarlos dentro de sus combinaciones de carga.

2. Prueba de estanqueidad

1.40 (II) + 1.4 (III)

3. Estructura definitiva

1.40 (II) + 1.70 (IV) + 1.70 (V) + 0.90 (II) + 1.70 (IV)

1.05 (II) + 1.28 (V) + 1.00 (VIII) + 0.90 (II) + 1.00 (VIII)

Y todas aquellas que en razón del tipo de estructura y régimen de carga se generen, teniendo en cuenta además los efectos sísmicos en uno o en otro sentido.

Los resultados de estas cargas mayoradas para diseño se debe multiplicar por los coeficientes de durabilidad sanitaria los cuales están especificados en la Tabla 2.

Tabla 2. Coeficientes de durabilidad Sanitaria

Carga	Coeficiente
Determinación de refuerzo a flexión	1.30
Tensión directa	1.65
Determinación del refuerzo por cortante, el exceso de cortante requerido por encima del que resiste el concreto ϕV_c , debe multiplicarse por	1.30
Compresión	1.00

Para el caso en que la estructura este sometida a cargas vehiculares deben revisarse las combinaciones exigidas por el "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes" y/o la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO"

6.2.8.1 Control de Agrietamiento

Las secciones transversales de máximo momento positivo y negativo de vigas, placas y muros que trabajen en una dirección, se dimensionan de tal manera que el parámetro z para tanques y compartimientos estancos en una dirección no exceda 20.5 MN/m. En el caso de estructuras hidráulicas con contenidos especialmente agresivos (pH menores o iguales a 5 y/o soluciones de sulfato con más de 1000 ppm) el parámetro z no debe exceder 17 MN/m.

Para estructuras sometidas a cargas vehiculares, el parámetro z no debe exceder 17.5 MN/m. El parámetro z se calcula con la siguiente expresión:

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

Donde:

fs: Esfuerzo en el acero de refuerzo al nivel de cargas de servicio (kg./cm²). Puede tomarse como 0.45 f

dc: Espesor del recubrimiento de concreto medido desde la fibra externa sometida a tracción hasta el centro de la barra o alambre localizado más cerca a dicha fibra (cm.). Los valores de z fueron establecidos para recubrimiento que no exceda 5 cm y se trabaja con este valor, el recubrimiento adicional se trata como simple protección.

A: Área efectiva, por barra, del concreto sometido a tracción que circunda el refuerzo de flexión a tracción. Se calcula como el área de concreto que tiene el mismo centroide que dicho refuerzo dividida por el número de barras o alambres de refuerzo, en cm² de concreto por barra o alambre. Cuando el refuerzo de flexión consiste en barras o alambres de diferente diámetro, debe determinarse utilizando un

número equivalente de barras calculado como el área total del refuerzo dividida por el área de la barra o alambre de mayor diámetro. $A = 2 * (\text{recubrimiento hasta el centro del refuerzo}) * \text{ancho aferente}$.

Debido a que el refuerzo para un miembro a flexión en dos direcciones (por ejemplo losas y muros) es proporcionado en cada dirección y a que las no están disponibles las ecuaciones confiables de ancho de grietas para tales miembros, el tamaño de las grietas para este tipo de elementos se controla verificando los esfuerzos en el acero en cada dirección basado en el Método de los esfuerzos de trabajo.

6.3 REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE OTRAS ESTRUCTURAS

El diseño estructural de las estructuras tipo edificaciones, tipo puentes, estructuras metálicas y todas aquellas "otras estructuras" definidas como tal en la presente norma debe realizarse de acuerdo con los requisitos establecidos en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, las normas de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO y el "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes".

Adicionalmente el diseñador debe tener en cuenta las siguientes normas de EMCALI EICE ESP:

- "NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros"
- "NCO-SE-AA-040 Juntas y sellos para juntas en estructuras de concreto"
- "NDC-SE-GE-002 Requerimientos para diseño y construcción de obras de protección de taludes"

6.4 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA EL DISEÑO DE TANQUES

En este numeral se complementan los aspectos mencionados anteriormente en lo referente al diseño estructural de tanques. Para aspectos propios del diseño de estas estructuras debe consultarse la Norma de EMCALI EICE ESP "NDI-SE-AL-002 Criterios generales para diseño de tanques".

6.4.1 Conceptos Básicos de Diseño y Análisis

Los métodos de diseño de los tanques se deben basar en la obtención de la resistencia adecuada de la estructura, sin embargo, debe realizarse una verificación de esfuerzos de servicio y debe considerarse la condición de carga derivada de desagües obstruidos y tanque rebosado. Adicionalmente se debe controlar el agrietamiento y fisuración para impedir el flujo de los líquidos entre el interior del tanque y su exterior.

Las fuerzas de diseño para tanques de agua potable deben determinarse a partir de:

- Profundidad y peso específico de los líquidos y/o sólidos contenidos y equipos que se instalen
- Los empujes de suelo
- Las cargas vivas sobre sus tapas o cubiertas
- Las cargas dinámicas que se producen durante el sismo
- Los efectos de impacto y vibración producidos por los equipos instalados

6.4.2 Esquemas Estructurales

El cálculo de los esfuerzos en cada uno de los elementos constitutivos de la estructura del tanque debe realizarse para los estados límites de resistencia y funcionamiento.

Los máximos esfuerzos deben determinarse de acuerdo con las hipótesis de cargas principales más desfavorables que, para el caso de las paredes de los tanques enterrados o semienterrados, deben ser las hipótesis fundamentales del tanque lleno y vacío.

6.5 MEMORIA DE CÁLCULOS

El diseñador debe presentar la memoria de cálculo, la cual debe ser consistente con los requisitos del diseño estructural ("ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary"), las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes", y demás normas citadas conjuntamente con el proyecto hidráulico y/o sanitario.

Debe incluir información de todos los análisis realizados, si utiliza programas de computador se debe incluir el nombre específico de él y la versión; acompañado de una descripción del programa, los datos de entrada y los resultados obtenidos.

En general la Memoria de Cálculos debe incluir:

- Descripción de la estructura
- Concepción estructural
- Procedimiento de análisis
- Criterios de diseño
- Bases del diseño, incluyendo los casos e hipótesis de cargas hechas durante este proceso.
- Normas utilizadas, con su año de expedición.
- Descripción de las cargas y procedimiento para evaluarlas (vivas, muertas, empujes de tierra, operación, etc.) y las zonas de la estructura donde se utilizaron.
- Cargas sísmicas incluyendo su procedimiento de evaluación.
- Cargas de viento incluyendo su procedimiento de evaluación.
- Información acerca del estudio de suelos y los criterios de diseño de la cimentación, incluyendo capacidad portante del suelo y los parámetros geotécnicos empleados en la evaluación de cargas si hay lugar a ello.
- Listado de los tipos de materiales estructurales, incluyendo sus calidades, cantidades utilizadas por elemento estructural según el diseño, y sus resistencias: concreto, acero de refuerzo, mampostería, acero estructural, madera, y las zonas de la estructura donde se utilizaron.
- Nombre y matrícula del ingeniero que elaboró el diseño, nombre y matrícula del ingeniero que revisó el diseño y nombre, matrícula y firma del calculista responsable.

- Esquemas de localización de los elementos estructurales.
- Análisis y diseño para cargas verticales y laterales de los elementos estructurales, incluida la cimentación.
- Descripción del proceso constructivo propuesto para el desarrollo de la obra.
- El Contratista deberá incluir un Cronograma de Ejecución de Obra, Cantidades de Obra, Análisis de Precios Unitarios y Presupuesto de Construcción. Ver norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-038 Programación y control de proyectos”

- Conclusiones y recomendaciones

6.6 PLANOS ESTRUCTURALES

Los planos deben contener la localización de los elementos estructurales, sus dimensiones, refuerzo a una escala adecuada, y detalles suficientes para la correcta construcción. Así mismo, pueden hacer referencia a dimensiones indicadas en los planos hidráulicos y/o sanitarios cuando sea apropiado. Los alzados y cortes deben realizarse con escala, cantidad y alcance apropiados para indicar la interdependencia y conexiones entre los diferentes elementos. Debe tenerse especial cuidado en asegurarse que aquellos detalles incluidos y calificados como típicos sean aplicables a las condiciones del proyecto. En general los planos estructurales incluyen lo siguiente, pero pueden variar de acuerdo con la complejidad del proyecto y el tipo de material estructural utilizado.

- Planta general.
- Notas generales, incluidas las especificaciones de los materiales estructurales, los parámetros geotécnicos, los recubrimientos, las cargas vivas utilizadas, los pesos de los equipos, máxima altura de almacenamiento de materiales; se debe indicar que esta altura debe quedar materializada en el sitio.
- Planos de cimentación.
- Planos de las diferentes plantas estructurales.
- Planos para indicar la interdependencia y conexiones entre los elementos estructurales, incluidos los detalles tipo de las diferentes juntas utilizadas en la concepción del proyecto.
- Basados en las cantidades de material por elemento estructural obtenidas durante el proceso de diseño, elaborar un cuadro de las cantidades totales usadas durante la ejecución del proyecto discriminadas por elemento estructural, a fin de establecer un presupuesto de las estructuras del proyecto.
- Planos del refuerzo principal y secundario para los elementos estructurales (placas, muros, vigas, columnas, zapatas y pilotes). Se debe dibujar cada elemento estructural, con sus dimensiones, indicación de las armaduras (marca, diámetro y separación), utilizando una nomenclatura clara y sencilla; las distintas varillas de refuerzo deben ser despiezadas al lado de cada elemento con su respectiva marca, diámetro, separación, longitudes parciales y longitud total o de corte.
- Se deben presentar los cortes transversales, longitudinales, horizontales, parciales, etc., que sean necesarios y aclaratorios.
- Cada detalle estructural tales como huecos para paso de tuberías, accesos al tanque etc., debe

dibujarse con sus dimensiones y armaduras propias.

- Cada tipo distinto de junta llevará su respectivo dibujo claro y detallado.
- Se debe realizar un esquema general del orden posible y recomendado de colocación de concreto y que contenga las indicaciones de los distintos tipos de juntas a que hubiere lugar.
- Además de las notas aclaratorias particulares, en cada plano se debe indicar una serie de notas generales indicativas de las especificaciones de materiales, recubrimiento, presiones, sobre el terreno, recomendaciones del estudio geotécnico, etc.
- Debe incluirse en los planos el cuadro de cantidades de obra de la estructura, el cual incluirá la cartilla de hierros, en la cual se debe indicar la marca, ubicación, forma, diámetro, longitud, cantidad y peso de cada uno de los distintos tipos de refuerzo, los volúmenes de concretos a utilizar, las longitudes de los diferentes tipos de juntas empleados y demás cantidades de materiales que hagan parte de la estructura.

7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Manual de Diseño Geosintético, Departamento de Ingeniería PAVCO, VII Edición Octubre de 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.