SISTEMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES ENTERRADOS SIGUIENDO LA NORMATIVA NSR-10 y ACI 350R-95

DARIO ENRIQUE FLÓREZ TRUJILLO

JAIME ANDRÉS HERNÁNDEZ VÁSQUEZ

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTA D.C.

2014

SISTEMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES ENTERRADOS SIGUIENDO LA NORMATIVA NSR-10 Y ACI 350R-95

DARIO ENRIQUE FLÓREZ TRUJILLO

JAIME ANDRÉS HERNÁNDEZ VÁSQUEZ

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor Disciplinar:

Ing. Alfonso Amezquita Nieto

Asesor Metodológico:

Lic. Laura Milena Cala Cristancho

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTA D.C. 2014

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 6

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7

2. ANTECEDENTES 9

3. OBJETIVOS 11

3.1 OBJETIVO GENERAL 11

3.2 OBJETIVO ESPECIFICO 11

4. JUSTIFICACIÓN 12

5. MARCO REFERENCIAL 13

5.1 MARCO CONCEPTUAL 13

5.2 MARCO LEGAL 20

6. DISEÑO METODOLÓGICO 22

6.1 Método 22

6.2 Tipo de investigación 22

6.3 Técnicas e instrumentos 22

6.4 Fases de la investigación 23

7. RESULTADOS 24

8. CONCLUSIONES 38

9. RECOMENDACIONES 39

10. BIBLIOGRAFÍA 40

12. ANEXOS 42

12.1. Anexo 1. Programa interactivo de la sistematización del análisis y diseño estructural de tanques enterrados siguiendo la normativa NSR-10 Y ACI 350R-95 42

ANEXO No. 2: Presentación de la sistematización del análisis y diseño estructural de tanques enterrados siguiendo la normativa NSR-10 Y ACI 350R-95 (CD). 51

TABLAS

Tabla 1. Factores de mayoración de carga.....24
Tabla 2. Coeficientes sanitarios.....24
Tabla 3. Valor de Aa y de Av para las ciudades capitales de departamento 25
Tabla 4. Clasificación de los perfiles de suelo. 27
Tabla 5. Valores del coeficiente de importancia, I.....28

FIGURAS

Figura 1. Zonificación sísmica de Colombia en cuanto Aa y Av 26
Figura 2. Grupos de uso 28

INTRODUCCIÓN

Siendo Colombia un país con un crecimiento demográfico de 1.3% anual, se requiere tomar medidas en las laderas, donde la población se ha venido asentando por encima de las cotas de suministro de agua potable diseñadas por el ente encargado de cada región, esta problemática se debe a dos factores; el primero es la falta de accesibilidad a una vivienda digna donde esta población pueda asentarse, obligándolos de cierta manera a buscar las laderas de las montañas donde no tienen acceso a los servicios públicos y segundo a la construcción de urbanizaciones legales en la falda de las montañas.

Se requiere de manera permanente construir obras hidráulicas empleadas en redes de suministro complementarias a las redes ya existentes, donde se garantice un funcionamiento óptimo y con una relación costo/beneficio aceptable; la construcción de tanques de almacenamiento de agua potable, se convierte en la alternativa de solución más óptima y con una relación de costo/beneficio más conveniente que emplear bombas para poder abastecer estas poblaciones que se encuentran ubicadas por encima de la cota de suministro.

Además las estructuras hidráulicas, deben cumplir con especificaciones mínimas de ingeniería que garanticen su buen funcionamiento y la vez se garantice la seguridad tanto de la estructura como de la comunidad que depende de esta; a la vez debe tener una relación con el medio ambiente adecuada, respondiendo por el menor impacto ambiental posible y su reparación a los cambios realizados; según lo establece la normatividad Colombiana, en el Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y la ACI 350R-95.

En conclusión el objetivo de este trabajo es crear un aplicativo computacional que fije los requisitos mínimos de ingeniería para el diseño de tanques enterrados rectangulares en concreto reforzado; y que lleve de la mano el cumplimiento de la NSR-10 y la ACI 350R-89, en busca de garantizar su óptimo funcionamiento y seguridad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país con alta riqueza hídrica y dado el crecimiento demográfico que presenta el país el cual alcanza el 1.3% anual según el Banco Mundial, la población se ha venido asentando por encima de la cota de suministro que fue diseñada por el acueducto de cada población, por lo cual se hace necesario construir tanques que suministren agua potable a estas comunidades.

Los esfuerzos provocados por el empuje de tierras, la presencia de agua tanto subterránea como la almacenada a los que se ven sometidos los tanques de almacenamiento de agua potable enterrados, influyen directamente en su diseño estructural y geométrico; es decir, definen las dimensiones y materiales con los que se deben construir.

Debido a que el material más usado para la construcción de este tipo de obras es el concreto reforzado, se hace necesario una revisión de cómo y cuánto ha cambiado las normas y especificaciones técnicas para el diseño y construcción de estas estructuras, a partir de la actualización de la Norma Sismo Resistente en Colombia (NSR-10), como también existen manuales, publicaciones y documentos que contienen los diseños de tanques de almacenamiento de agua potable enterrados, generando la obligación de establecer un diseño óptimo de las dimensiones y cuantías necesarias para que la obra sea eficiente y que a la vez cumplan con las normas vigentes nacionales (NSR-10), como internacionales (ACI 350R-95) para la protección tanto de la comunidad como de la misma obra.

Se entiende por sistematizar como el proceso de digitalización de los parámetros de análisis y diseño estructural y el posterior desarrollo de un aplicativo computacional que permita por medio de un lenguaje de programación el desarrollo de procedimientos matemáticos que desplieguen los resultados y que finalmente produzcan unos planos constructivos y sus respectivas cantidades de obra.

Después de todos los avances en métodos numéricos y teorías matemáticas, se han elaborado metodologías que son más exactas en su análisis que otras, pero dificultosos y extensos para poderlos realizar a papel y lápiz, por lo que, se implementaron sistemas de computación que resolvieran más rápido y con mayor eficacia aquellos métodos exactos. Con las herramientas que ha dado la

tecnología se puede sistematizar estas metodologías por medio de lenguajes de programación que ayuden a elaborar una revisión más rápida, sencilla y exacta.

Por lo anterior ¿Cuáles son los parámetros de análisis y diseño estructural adecuados para tanques enterrados de acuerdo con la NSR-10 y ACI 350R-95?

2. ANTECEDENTES

En Colombia se hace necesaria de forma constante la construcción de obras hidráulicas de almacenamiento de agua potable, las cuales deben acogerse a unos requisitos mínimos de ingeniería para brindar seguridad a la hora de que estén en servicio o en tal caso de que se presenten fenómenos sísmicos que puedan afectar la estructura.

En Bogotá la EAAB-ESP[1] en la última década ha iniciado la actualización de sus Normas Técnicas de Servicio de las que para el caso de esta investigación es la NS-002 donde se establecen los "parámetros para realizar el diseño estructural de las obras nuevas y de la adecuación de estructuras construidas por y/o para la EAAB-ESP en Bogotá. Se incluyen los requisitos para el diseño de estructuras hidráulicas" la que se actualizó en el 2003.

Por otro lado los criterios y parámetros básicos de análisis y el diseño estructural cuenta con lá NSR-10[2] cuya última actualización fue en el 2010 por el Decreto 926 del 19 de Marzo de 2010 y la RAS 2000[3] modificada el 2009.

En la Universidad la Gran Colombia se presentó un proyecto de grado que tuvo como objetivo la creación de un manual Interactivo que cumpliera con los requisitos mínimos de ingeniería para el diseño de estructuras hidráulicas menores como cajas de interconexión de tuberías y que cumplan con la NSR-10 y la ACI 350R-95; dicho proyecto no cumplió con uno de sus objetivos primarios y con mayor relevancia en la investigación, el cual fue la actualización de algunos parámetros a la normativa NSR-10; usando valores de la norma NSR-98[4].

Se realizaron principalmente 2 fases de investigación: la primera hace referencia a la consulta y análisis de la información en la cual se recopilaron documentos tanto de orden nacional como internacional y en la segunda fase se realizaron las respectivas revisiones tanto de cantidades de obra como de dimensiones.

---

[1] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá Empresa de Servicios Públicos.
[2] Norma Sismo Resistente del 2010
[3] Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS 2000
[4] Pachón Palacios, Mauricio y Reina Sanchez, Ana Sofia. Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Bogotá : Universidad la Gran Colombia, 2012.

En Veracruz México se realizó un proyecto de grado llamado “Análisis Estructural de Casa Habitación Hasta 3 Niveles con Visual Basic.net” el cual buscó hacer práctico el análisis estructural de una edificación de vivienda unifamiliar o multifamiliar e ir produciendo al mismo tiempo la memoria y el análisis para posteriormente escoger lo que se quiera imprimir haciendo así menos laboriosos estos procesos.

Se implementó tecnología para hacer las memorias en hojas de cálculo como “Excel” y posterior programación en Visual Basic.net a partir de un proceso de entrada de datos en cuatro fases; en la primera fase se introducen los parámetros de cargas verticales; en la segunda fase los parámetros de cargas horizontales donde no se especifica la norma a la cual se está acogiendo estos parámetros; y en la tercera fase recibe los parámetros de cimentación y apoyos de la estructura y por último se exportan los datos a la fuente deseada[5].

Con estos proyectos se llegó a la conclusión de que este tipo de recursos computacionales ayudan a facilitar el trabajo del ingeniero civil en cuanto al análisis de estructuras en concreto, reduciendo tiempo y laboriosos cálculos tanto en el ámbito independiente como empresarial.

[5] (2.) Montiel Vásquez, Francisco Antonio. Universidad Veracruzana. [En línea] 12 de Diciembre de 2011. [Citado el: 29 de Noviembre de 2013.] http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30579/1/MotielVasquez.pdf.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Sistematizar el análisis y diseño estructural de obras hidráulicas de tanques enterrados en concreto reforzado siguiendo la norma sismo resistente del 2010 y ACI 350R-95.

3.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Corroborar los parámetros de análisis y diseño los manuales de la PCA (Portland Cement Association) y Rectangular Concrete Tanks frente a la normativa NSR-10 y ACI 350R-95.

- Desarrollar una base de datos de parámetros para el análisis y diseño de tanques enterrados cumpliendo la NSR.10 y ACI 350R-95.

- Formular un aplicativo computacional que permita el cálculo de los parámetros contado con la herramienta Visual Basic de Excel.

4. JUSTIFICACIÓN

Dado que en Colombia se presenta un crecimiento demográfico considerable y la improvisada ubicación de la población, la cual en muchos casos se ha asentado por encima de la cota de suministro de agua potable diseñada por el acueducto, ha generado la necesidad de diseñar y construir una forma de suministrar agua potable de una manera viable tanto económicamente como ambientalmente, lo que generalmente requiere implementar una estación de bombeo para elevar la cota de suministro a tanques enterrados de almacenamiento de agua potable que puedan abastecer de este servicio las comunidades. Por otra parte, la sistematización del análisis y diseño estructural de estos tanques enterrados se convertirá en una valiosa ayuda que le permitirá al ingeniero civil realizar diseños de estructuras hidráulicas, simplificando largos procesos de cálculo, análisis y dimensionamiento de estas estructuras apoyados en las normas colombianas de construcción vigentes para estos diseños que en el caso de Colombia es la Norma Sismo Resistente del 2010 (NSR-10) y ACI 350R-95.

Este trabajo es realizado con el fin de emplear sistemas computacionales que faciliten y realicen con mayor eficacia los procedimientos estructurales del análisis y diseño de estos tanques; llevando de la mano la normativa vigente para este tipo de estructuras, y que esté al alcance de todos, ya que esta herramienta es realizada en Visual Basic y es de un fácil manejo.

Por último, se puede resaltar la importancia de este aplicativo en la academia, ya que puede ser utilizada como una herramienta fundamental para algunas materias que tocan este tema de diseño de estructuras hidráulicas, como lo puede ser hidráulica aplicada o estructuras hidráulicas, con el fin de retomar la teoría en estructuras de concreto; ya que la sistematización y creación de esta base de datos se espera permita simplificar y ayudar al análisis y diseño de tanques enterrados de almacenamiento de agua potable con respecto a la normativa NSR-10 y ACI 350R-95.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 Diseño de Estructural de las Obras Hidráulicas. El diseño estructural abarca las diversas actividades que se desarrollan para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura. Un requisito esencial para que la estructura cumpla sus funciones, es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se impongan.

Estructuración: En esta parte del proceso se determinan los materiales de los que va a estar constituida la estructura, la forma global de esta, el arreglo de sus elementos constitutivos y sus dimensiones y características más esenciales.

Análisis: En este aspecto se trata de determinar los efectos de las cargas que pueden afectar a la estructura durante su vida útil. Para esta determinación se requiere lo siguiente:

- Modelar la estructura.
- Determinar valores de acuerdo a las normatividades correspondientes.
- Determinar las fuerzas internas (momento flexionantes y de torsión, fuerzas axiales y cortantes) así como las flechas y deformaciones de la misma. (Análisis estructural)

Dimensionamiento: En esta etapa se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados. Además, se elaboran los planos, cantidades de obras y especificaciones de construcción de la estructura.

5.1.2 Tanques de almacenamiento

Características de los tanques de almacenamiento. Aunque existe gran variedad de estas estructuras, es posible establecer clasificaciones apropiadas, atendiendo a los siguientes criterios:

- Los materiales de que están construidos.
- Forma del tanque.
- Posición respecto a la superficie.

Considerando los materiales que intervienen en su construcción, se cuentan con tanques de acero, concreto, mampostería, madera, plástico, asbesto-cemento y algunos otros materiales.[6]

Por su forma es posible clasificarlos en esféricos o semiesféricos, cilíndricos y paralelepipédicos, principalmente.

En cuanto a su posición, existen tanques superficiales, enterrados, semienterrados y elevados.

5.1.2.1 Tipos de tanques

- Tanques superficiales. Los tanques superficiales se construyen directamente apoyados sobre la superficie del suelo. Por lo general, se utiliza este tipo de tanque, cuando el terreno sobre el que se va a desplantar tiene la capacidad necesaria para soportar las cargas impuestas, sin sufrir deformaciones importantes. Resulta también conveniente, si fuese necesario, contar con una cierta altura para la descarga del líquido, a fin de disponer de una carga de presión hidrostática adecuada.

  Los tanques superficiales tienen la ventaja de que su mantenimiento es más sencillo de efectuar y más fácil la instalación, operación y mantenimiento de las tuberías de entrada y de salida.

- Tanques enterrados y semienterrados. Los tanques enterrados se construyen totalmente bajo la superficie del terreno. Se emplean cuando el terreno de desplante es adecuado para el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y cuando es necesario excavar hasta encontrar un estrato de soporte más resistente.

  Tienen la ventaja de conservar el agua a resguardo de las grandes variaciones de temperatura; no alteran el paisaje y sus cubiertas pueden utilizarse para las más diversas funciones, tales como: áreas jardineras, canchas de juego para básquetbol, tenis, etc.; e incluso como helipuertos.

  Sus inconvenientes son el tener que efectuar excavaciones costosas, la dificultad de observar y mantener las instalaciones de conexión del abastecimiento y la red de distribución, así como, la dificultad para descubrir las posibles filtraciones y fugas del líquido.

  Por otro lado, en los tanques semienterrados, una porción de la construcción se encuentra bajo el nivel del terreno y parte sobre éste. La

[6] Rodero Oña, Beatriz. Depósitos para riego.

construcción de este tipo de tanque está definida por razones de topografía o cuando el costo de la excavación es alto, ya sea porque ésta no se justifica debido a su localización desventajosa o por razones de geotecnia. De no observarse ambos factores, traerían aparejados el costo elevado de la construcción. Por otra parte, permiten un acceso a las instalaciones más fácilmente que el de los tanques totalmente enterrados.[7]

5.1.2.2 Geometría de los tanques. La configuración teórica más conveniente para un tanque es aquella que para una altura y volumen dados, se tenga un perímetro mínimo, lo cual implica una geometría cilíndrica. Sin embargo, pueden existir otras razones que obliguen a la planta rectangular o cuadrada.
En los tanques rectangulares, cuando tienen dos compartimentos, conviene tener una relación 3: 4 en la longitud de los lados. Cuando existan n compartimentos, la relación recomendable es de n + 1: 2n, por ser ésta la que proporciona el perímetro mínimo a igualdad de superficie.

Entre los tanques rectangulares se tienen los tanques de regulación, sedimentadores, floculadores, filtros, cajas repartidoras, cárcamos de bombeo, cajas rompedoras de presión, digestores de lodos, etc. Normalmente en este tipo los tanques son de concreto. En tanto que, entre los tanques cilíndricos, puede citarse a los de tratamiento de aguas residuales, de regulación, tanques de sumergencia, tanques unidireccionales, espesadores de lodos, torres de oscilación, etc. Estos pueden ser de concreto colado, vaciado o colocado en el sitio; pretensados, postensados o de acero.

La geometría tiene que ver con el material con el cual se vaya a construir el tanque, por ejemplo: en los tanques de mampostería es conveniente adoptar la configuración rectangular, debido a que los tanques circulares soportan la presión del agua a través de la tensión anular, misma que en los tanques de concreto reforzado resiste el acero de refuerzo. En los tanques de mampostería no existe este refuerzo y por lo tanto, la presión del agua agrietaría las juntas de mortero de la mampostería, que son incapaces de soportar esfuerzos de tensión.

Por esta razón, los tanques de geometría cilíndrica, por lo general, son de concreto reforzado o presforzado o bien, metálicos. En las poblaciones o localidades rurales, los tanques que se construyen generalmente son de mampostería, de forma rectangular, debido a que el material más común de la región suele ser la piedra o la roca. Los tanques pequeños, en general, son recomendables de concreto reforzados y de forma rectangular.

En los tanques superficiales es conveniente distinguir lo siguiente: tamaño, material y modulación.

---

[7] Osorio Díaz, Eduardo Javier. Recipiente rectangular con tirantes bajo presión hidrostática. Azcapotzalco: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, 2008.

Tamaño: si se trata de pequeños o grandes tanques.
Material: material con que se construyen, sea de acero, concreto o mampostería.
Modulación: si son o no modulares para futuras ampliaciones.[8]

5.1.2.3. Fases que abarca el diseño completo de los tanques. El diseño de las estructuras para los tanques se efectúa en seis fases consecutivas o que pueden estar traslapadas, de la siguiente manera:

- Estudios de campo.
- Diseño funcional.
- Esquema físico de la estructura.
- Diseño hidráulico.
- Diseño electromecánico.
- Diseño estructural.

Esta última fase representa el objetivo de esta investigación.

- Efectos que se deben considerar en el proyecto estructural. Las acciones que se consideran para el análisis de las estructuras que se cubren en esta investigación, se determinarán a partir del tirante y el peso volumétrico del líquido y/o los sólidos que contenga; el peso de los equipos que se instalen; las cargas dinámicas de dichos equipos; las cargas accidentales, y la presión externa de los rellenos sobre los muros de los tanques. En comparación con las cargas muertas y la del líquido, las cuales se conocen con cierta precisión, las cargas vivas de diseño en los tanques, son generalmente pequeñas.

- El espesor mínimo de las paredes de los tanques. De conformidad con el informe 350 de ACI (American Concrete Institute) Environmental Engineering Concrete Structures, los muros de concreto reforzado con una altura del líquido igual o mayor a 3.00 m, tendrán un espesor mínimo de 30 cm. En términos generales, el espesor mínimo de cualquier elemento estructural de los tanques deberá ser de 15 cm. Se requerirá un mínimo de 20 cm donde el recubrimiento del concreto para protección del acero de refuerzo sea de 5 cm o más. Sin embargo, cuando se usen dispositivos para la retención de agua y la posición del acero de refuerzo que puedan afectar adversamente a la colocación apropiada del concreto, se considerará un espesor mayor.

[8] Pavón Rodríguez, Víctor M. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA CONTENER LÍQUIDOS. Ciudad de México : Fundación ICA, 2001.

- Impermeabilidad de los tanques. Debido a la contracción por secado que normalmente experimenta el concreto, la impermeabilidad de los tanques se afecta por la secuencia y los procedimientos de construcción de las juntas y sus detalles, por lo que estos aspectos deberán tenerse muy en cuenta en el diseño para reducir al mínimo sus efectos.

- Corrosión del acero de refuerzo. Durante el diseño y la construcción se tomarán las precauciones necesarias para evitar la posterior corrosión del acero de refuerzo en los tanques de concreto. Ésta puede originarse de varias formas, por ejemplo: con la presencia de iones de cloruro en el cemento, mediante la carbonatación o ambas.

- El refuerzo mínimo. De conformidad con la unidad 10.5.1 de ACI 318-95, el refuerzo mínimo en cualquier sección sujeta a flexión será igual a:

$$A_{s,mm} = \frac{0{,}8\sqrt{f'_c}}{f_y}\, b_w d \quad (MPa)$$

Pero no menor a:

$$\frac{1{,}4}{f_y} b_w d \quad (MPa)$$

(Ec. 10-3 de ACI 318-95)

Donde bw es el ancho del alma de la viga o de la nervadura, d es el peralte efectivo del elemento a flexión considerado y fy el esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.

En una sección en T estáticamente determinada con el patín en tensión, el área As, mín. será igual o mayor al menor de los valores dados, ya sea por:

$$A_{s,min} = \frac{1{,}6\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$ (Ec. 10-4 de ACI 318-95)

En las losas estructurales y zapatas de espesor uniforme, el área mínima de refuerzo a tensión en la dirección del claro analizado, será la misma a la requerida por 7.12 de ACI 318-95 (refuerzo para temperatura y contracción del cual se dan detalles más adelante).

De acuerdo con la ACI 350, la separación máxima de este refuerzo no será mayor a 30 cm, por lo cual ya no son aplicables a las estructuras de los

tanques para almacenar líquidos, las disposiciones de ACI 318-95, unidad 10.5.4.

- Refuerzo para contracción y temperatura. Para los esfuerzos de contracción y temperatura, es necesario proporcionar refuerzo normal al refuerzo para flexión en las losas estructurales, donde el refuerzo a flexión se extienda en una sola dirección (ACI 318-95).

  El área mínima de refuerzo para temperatura y fraguado se proporcionará de conformidad con las siguientes relaciones de área de refuerzo al área bruta del concreto, pero no menor a 0.0014 (ACI 318-95):

  Las losas donde se utilice acero de refuerzo de grados 40 o 50.
  (fy = 2,800 ó 3,500 kg/cm²): 0.0020
  (b) Las losas donde se utilicen varillas corrugadas del grado 60.
  (fy = 4,200 kg/cm²) o malla de alambre soldado (liso o corrugado): 0.0018

- Separación máxima del refuerzo para contracción y temperatura. Según ACI 318-95, la separación máxima del refuerzo para contracción y temperatura no será mayor a 5 veces el espesor de la losa ni 45 cm.

  La cantidad de refuerzo por contracción y temperatura que es necesario suministrar, está en función de la distancia entre las juntas de movimiento, las cuales disipan la contracción y los esfuerzos causados por la temperatura en la dirección del refuerzo. Además, la cantidad de refuerzo por contracción y temperatura está en función de la mezcla específica de concreto, la cantidad de agregado, el espesor del muro, su refuerzo y las condiciones ambientales de la obra.

  Las secciones de concreto de 60 cm o de mayor espesor, contendrán el mínimo de refuerzo por contracción y temperatura en cada cara, con base en un espesor de 30 cm.

5.1.3 ANÁLISIS Y DISEÑO

5.1.3.1 Métodos de diseño para los depósitos de concreto reforzado. Se establecerán los requerimientos para el análisis y diseño de los depósitos para los sistemas de agua potable y tratada.

Los depósitos deberán diseñarse de tal manera que se evite la presencia de fugas. Por consiguiente, es necesario emplear procedimientos de diseño tales, que eliminen la posibilidad de la presencia de grietas anchas u otras fuentes potenciales de fugas.

Para el diseño de miembros de concreto reforzado existen dos métodos aceptados en la práctica. Ambos son aplicables para el diseño de los depósitos. El primero de ellos, que se basa en el criterio de resistencia última, utiliza cargas mayoradas, las resistencias especificadas del acero y del concreto fy y f'c, y factores de reducción de la resistencia, FR. El segundo es el método alternativo de diseño, el cual emplea cargas de servicio y esfuerzos de trabajo.

El diseñador puede optar por cualquiera de los dos métodos para el proyecto de los depósitos que se cubren en este tratado. En estos casos es más conservador y recomendable usar el diseño por resistencia.

5.1.3.2 Diseño por resistencia. El diseño se lleva a cabo de conformidad con el criterio de Resistencia que se establece en el Reglamento NSR-10 y ACI 318-95.

Para el diseño de los depósitos se aplicarán los factores de carga que se enumeran más adelante.

- Requisitos de resistencia. El análisis previo al diseño por el método de resistencia, puede efectuarse en el rango elástico y lineal o mediante la teoría de las líneas de fluencia, empleando en ambos casos las cargas mayoradas, pudiéndose hacer uso de la redistribución de los momentos negativos en elementos continuos sujetos a flexión.

  Se entiende por resistencia a la magnitud de una acción o de una combinación de acciones que provoquen la aparición de un estado límite de falla en la estructura. El requisito básico para la resistencia se expresa como sigue:

$$\text{Resistencia requerida} \leq \text{Resistencia de diseño,}$$

ó

$$RR \leq FR \text{ (Resistencia nominal)}$$

donde FR es el factor de reducción de la resistencia que corresponda.

En el procedimiento de resistencia de diseño, el margen de seguridad se proporciona multiplicando las cargas de servicio por un factor de carga y la resistencia nominal por un factor de reducción de la resistencia.

5.1.4 Visual Basic. Está diseñado para generar de manera productiva aplicaciones con seguridad de tipos y orientadas a objetos. Visual Basic permite a los desarrolladores centrar el diseño en Windows, el Web y dispositivos móviles.

Como con todos los lenguajes que tienen por objetivo Microsoft .NET Framework, los programas escritos en Visual Basic se benefician de la seguridad y la interoperabilidad de lenguajes.

En muchos sentidos, el lenguaje Visual Basic es muy parecido al lenguaje cotidiano. Cuando se habla o escribe, se utilizan diferentes tipos de palabras, como nombres o verbos, que definen cómo se utilizan. Visual Basic también tiene diferentes tipos de palabras, conocidas como elementos de programación, que definen cómo se utilizan para escribir programas.

Los elementos de programación de Visual Basic incluyen instrucciones, declaraciones, métodos, operadores y palabras clave. A medida que avance en las siguientes lecciones, irá aprendiendo más sobre estos elementos y cómo utilizarlos.[9]

5.2 MARCO LEGAL

Ley 400 1997[10]. Está presente ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que éstas producen, reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

Además, señala los requisitos de idoneidad para el ejercicio de las profesiones relacionadas con su objeto y define las responsabilidades de quienes las ejercen, así como los parámetros para la adición, modificación y remodelación del sistema estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente ley.

En el Artículo 5º hace referencia a la responsabilidad de los diseños. Para efectos de la asignación de las responsabilidades correspondientes, deben consultarse las definiciones de constructor, diseñador, arquitectónico, diseñador estructural, diseñador de los elementos no estructurales, ingeniero geotecnista, revisor de los diseños, propietario, interventor y supervisor técnico, establecidas en el Título II de esta ley.

---

[9] Microsoft;. Microsoft Developer Network. [En línea] [Citado el: 29 de Noviembre de 2013.] http://msdn.microsoft.com/es-es/library/2x7h1hfk(v=vs.80).aspx.

[10] LEY 400 DE 1997 (AGOSTO 19) Diario Oficial No. 43.113, del 25 de agosto de 1997

En el siguiente artículo enmarca la responsabilidad de los diseñadores con respecto a sus diseños y de los diferentes elementos que componen la edificación, así como la adopción de todas las medidas necesarias para el cumplimiento en ellos del objetivo de las normas de esta ley y sus reglamentos, recae en los profesionales bajo cuya dirección se elaboran los diferentes diseños particulares.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Método

Debido al carácter de la investigación el método empleado fue de carácter cuantitativo, ya que la investigación se basó en la recolección de información y validación de la misma ante la normativa vigente en Colombia.

6.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizo fue el método de investigación proyectiva, dado que este es un método científico que consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo.

6.3 Técnicas e instrumentos

Se revisó la información recopilada a nivel nacional, referente al diseño y/o especificaciones técnicas desde el punto de vista estructural de estructuras hidráulicas de almacenamiento de agua, como tanques de concreto reforzado rectangulares y circulares.

De la información recopilada se realizó especial énfasis en la revisión de:

- Cumplimiento de la normativa vigente
- Dimensiones de los elementos estructurales
- Cuantías de acero y refuerzo
- Volúmenes de concreto
- Peso del concreto y del acero de refuerzo.

6.4 Fases de la investigación

Fase 1. Corroboración de los parámetros de análisis y diseño de manuales y normas

- Consulta y análisis de la información
- Revisión del contenido de manuales recopilados y revisión bibliográfica de normas técnicas relacionadas
- Revisión de las dimensiones de los modelos
- Revisión de las cuantías de acero
- Revisión de esquemas estructurales
- Revisión de cantidades de concreto y acero de refuerzo

Fase 2. Desarrollo de una base de datos de parámetros para diseñar tanques enterrados.

- Sistematización de la base de datos obtenida en los manuales recopilados.

Fase 3. Formulación de un aplicativo computacional.

- Inicio de la herramienta computacional
- Reproducción del video tutorial
- Datos generales del proyecto
- Datos suministrados por el ingeniero geotecnista
- Datos para el diseño sísmico del proyecto
- Datos suministrados por el ingeniero hidráulico
- Grupo de uso de la estructura
- Predimensionamiento del tanque
- Comprobación del predimensionamiento
- Plano
- Diseño estructural
- Plano estructural
- Memorias de cálculos

7. RESULTADOS

- Se revisaron y compararon los manuales y fuentes bibliográficas referentes a las normativas sismo-resistentes como lo son la NSR-98, NSR-10, ACI 318-95 y ACI-350R89 y se encontraron los siguientes cambios en cuanto a factores de mayoración de carga (Tabla 1.) y coeficientes sanitarios para tensión directa y flexión (Tabla 2.):

Tabla 1. Factores de mayoración de carga

	NSR-98	NSR-10
Factor de mayoración de carga muerta F_D	1,4	1,2
Factor de mayoración de carga viva F_L	1,7	1,6

Fuente. Propia

En cuanto a los coeficientes sanitarios para tensión directa y flexión se encontró que no se presentaron cambios significativos.

Tabla 2. Coeficientes sanitarios

	ACI 318-95
Coeficiente sanitario para tensión directa	1,65
Coeficiente sanitario para flexión	1,7

Fuente. Propia.

- Se actualizó la metodología del diseño de tanques rectangulares en cuanto al diseño sísmico, a una metodología que se adapte a las características que se presentan en Colombia (Figura 1.), como los coeficientes de aceleraciones sísmicas (Tabla 3), tipos de suelo (Tabla 4.) y coeficientes de importancia de la estructura a diseñar (Figura 2. y Tabla 5); puesto que el método que presenta la Porland Cement Association (PCA) se basa en una zonificación sísmica respecto a Estados Unidos.

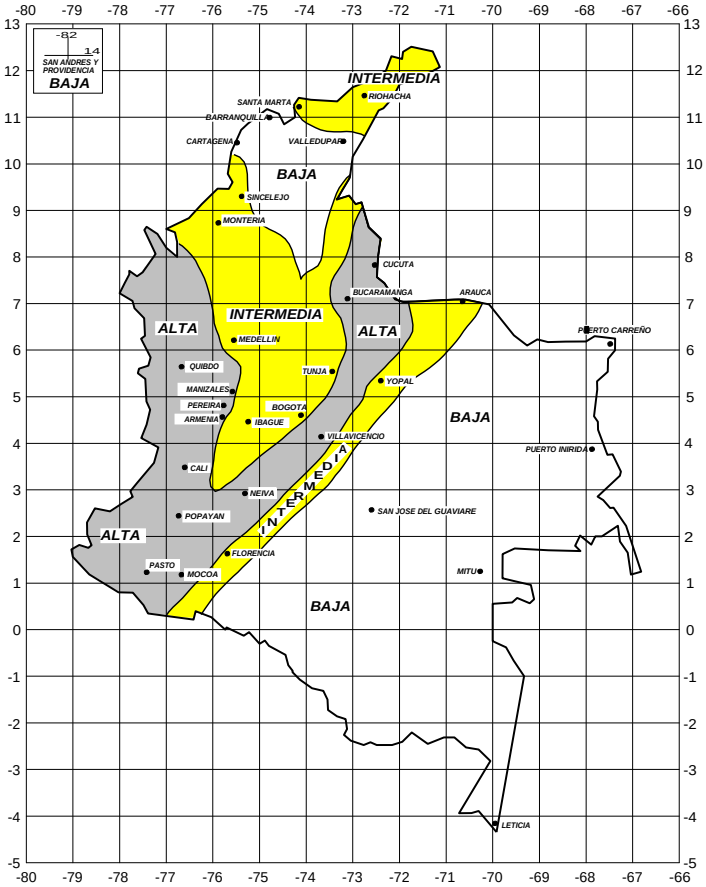
Tabla 3. Valor de Aa y de Av para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0,15	0,15	Intermedia
Armenia	0,25	0,25	Alta
Barranquilla	0,1	0,1	Baja
Bogotá D. C.	0,15	0,2	Intermedia
Bucaramanga	0,25	0,25	Alta
Cali	0,25	0,25	Alta
Cartagena	0,1	0,1	Baja
Cúcuta	0,35	0,3	Alta
Florencia	0,2	0,15	Intermedia
Ibagué	0,2	0,2	Intermedia
Leticia	0,05	0,05	Baja
Manizales	0,25	0,25	Alta
Medellín	0,15	0,2	Intermedia
Mitú	0,05	0,05	Baja
Mocoa	0,3	0,25	Alta
Montería	0,1	0,15	Intermedia
Neiva	0,25	0,25	Alta
Pasto	0,25	0,25	Alta
Pereira	0,25	0,25	Alta
Popayán	0,25	0,2	Alta
Puerto Carreño	0,05	0,05	Baja
Puerto Inírida	0,05	0,05	Baja
Quibdó	0,35	0,35	Alta
Riohacha	0,1	0,15	Intermedia
San Andrés, Isla	0,1	0,1	Baja

Santa Marta	0,15	0,1	Intermedia
San José del Guaviare	0,05	0,05	Baja
Sincelejo	0,1	0,15	Intermedia
Tunja	0,2	0,2	Intermedia
Valledupar	0,1	0,1	Baja
Villavicencio	0,35	0,3	Alta
Yopal	0,3	0,2	Alta

Fuente. Tabla A.2.3-2 NSR

Figura 1. Zonificación sísmica de Colombia en cuanto Aa y Av



Fuente. NSR10

Tabla 4. Clasificación de los perfiles de suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos vulnerables a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Fuente. Tabla A.2.3-1 NSR 10.

Figura 2. Grupos de uso

A.2.5.1 — GRUPOS DE USO — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

A.2.5.1.1 — ***Grupo IV — Edificaciones indispensables*** — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

(a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
(b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
(c) edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
(d) edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
(e) edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y
(f) En el Grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

A.2.5.1.2 — ***Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad*** — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el Grupo IV. Este grupo debe incluir:

(a) estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
(b) garajes de vehículos de emergencia,
(c) estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
(d) guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza, y
(e) aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

A.2.5.1.3 — ***Grupo II — Estructuras de ocupación especial*** — Cubre las siguientes estructuras:

(a) edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
(b) graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
(c) almacenes y centros comerciales con más de 500 m² por piso,
(d) edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1.
(e) edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
(f) edificios gubernamentales.

A.2.5.1.4 — ***Grupo I — Estructuras de ocupación normal*** — Todas la edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

Fuente. A.2.5.1. NSR 10

Tabla 5. Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1,50
III	1,25
II	1,10
I	1,00

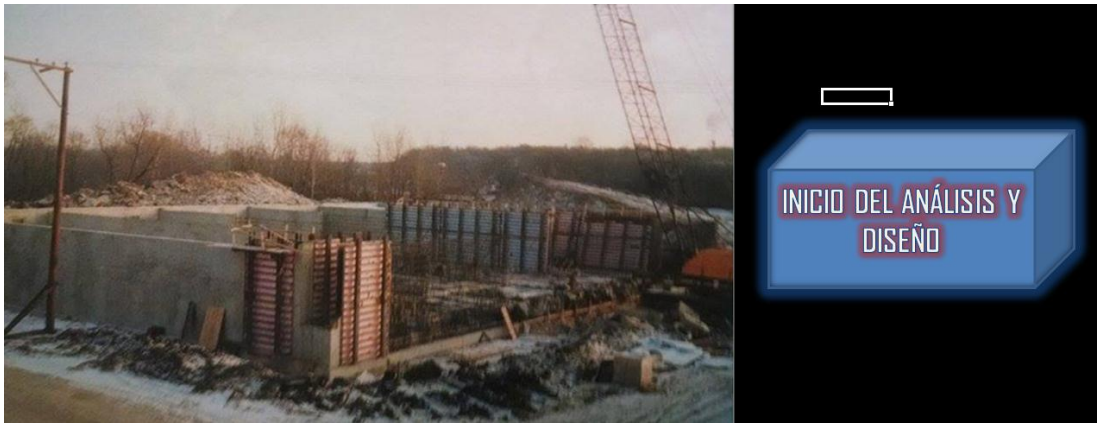
Fuente. Tabla A.2.5-1 NSR 10

- Se realizó una base de datos digital en Microsoft Excel de los coeficientes usados para el diseño estructural de los tanques respecto a cortantes, deflexiones y momentos como se muestra en el Anexo 1.

- Se hizo una formulación completa y automática del diseño estructural de tanques rectangulares enterrado en Microsoft Excel con un alcance de poder visualizar e imprimir planos estructurales y memorias de cálculo.

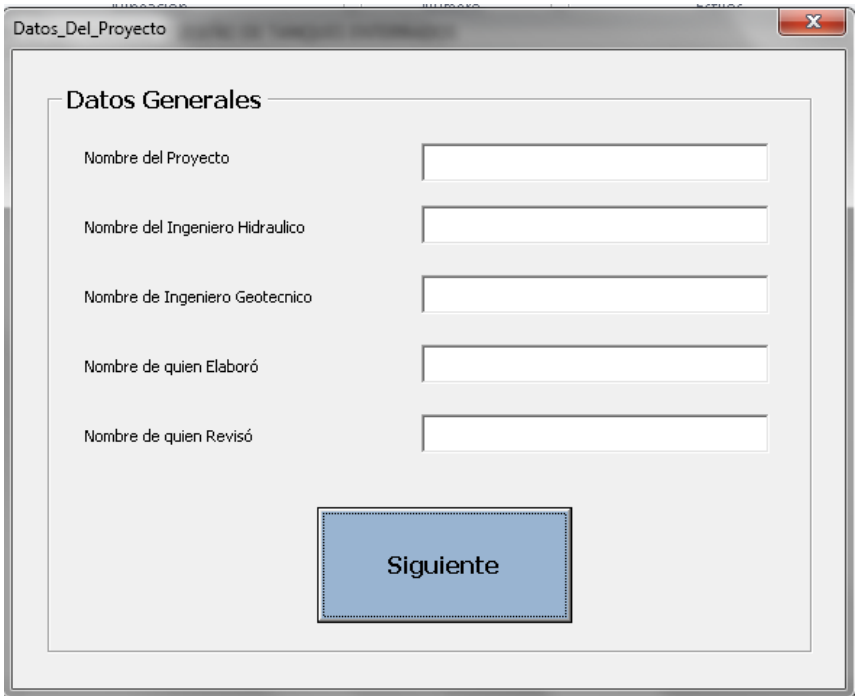
- Por último se logró crear una herramienta computacional con ayuda del lenguaje de Visual Basic enlazado a una hoja de cálculo en Microsoft Excel la cual por medio de una metodología de ingreso de datos permite al usuario hacer el diseño geométrico y estructural del tanque rectangular. A continuación se presenta la metodología usada en el aplicativo:

  - Inicio de la herramienta computacional

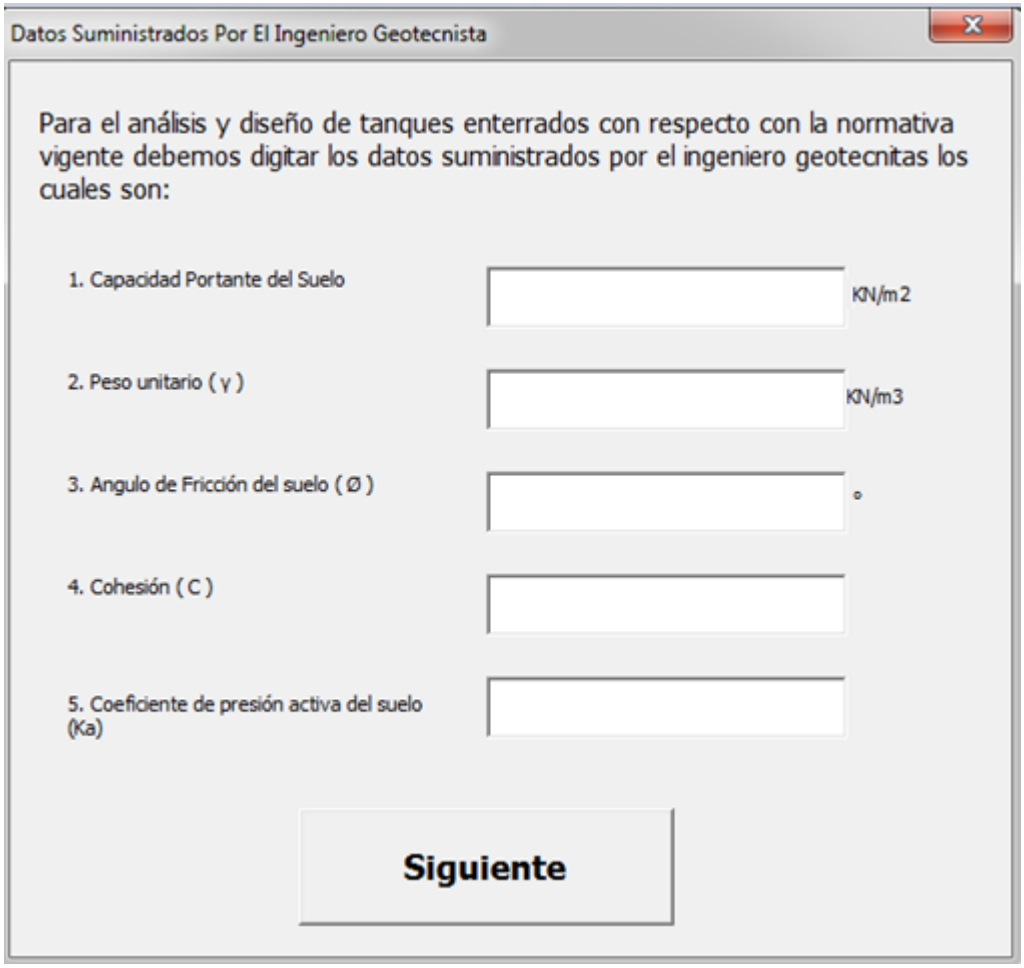


- Reproducción del video tutorial

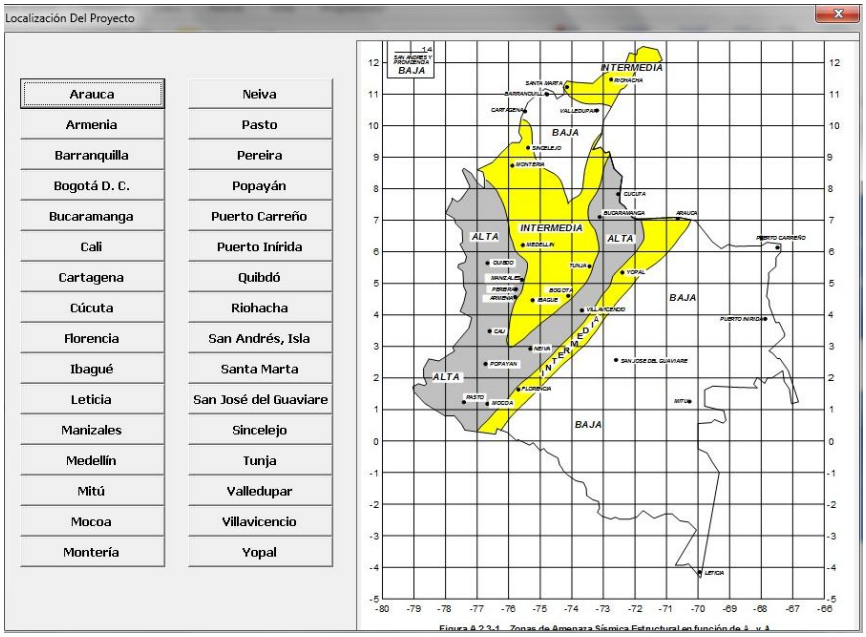
- Datos Generales del proyecto



- Datos suministrados por el ingeniero geotecnista



- Datos para el diseño sísmico del proyecto



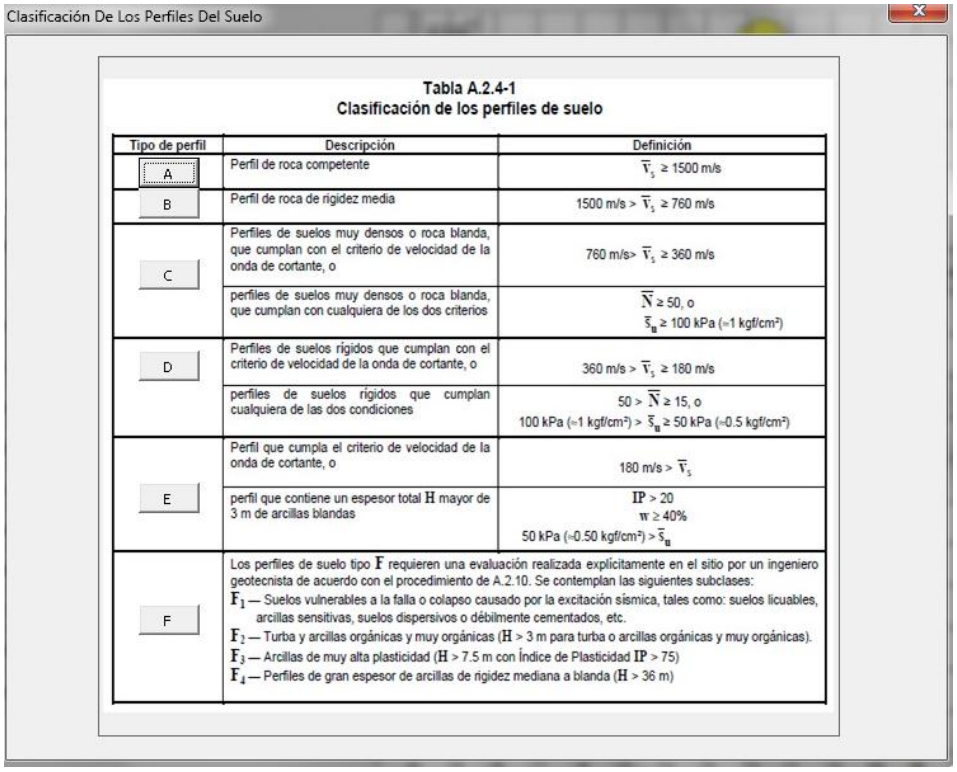
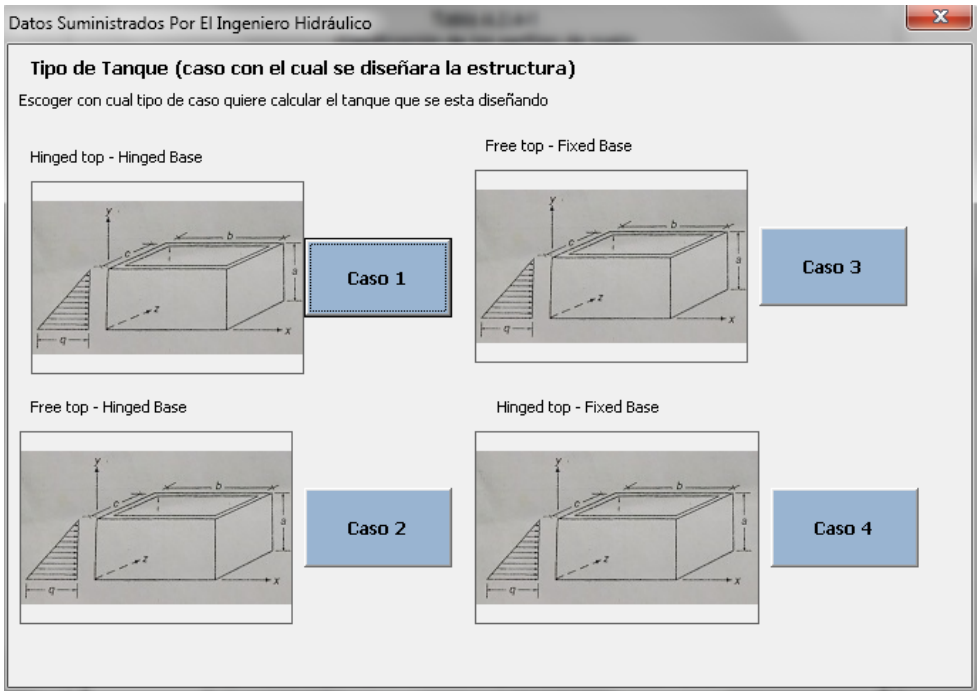


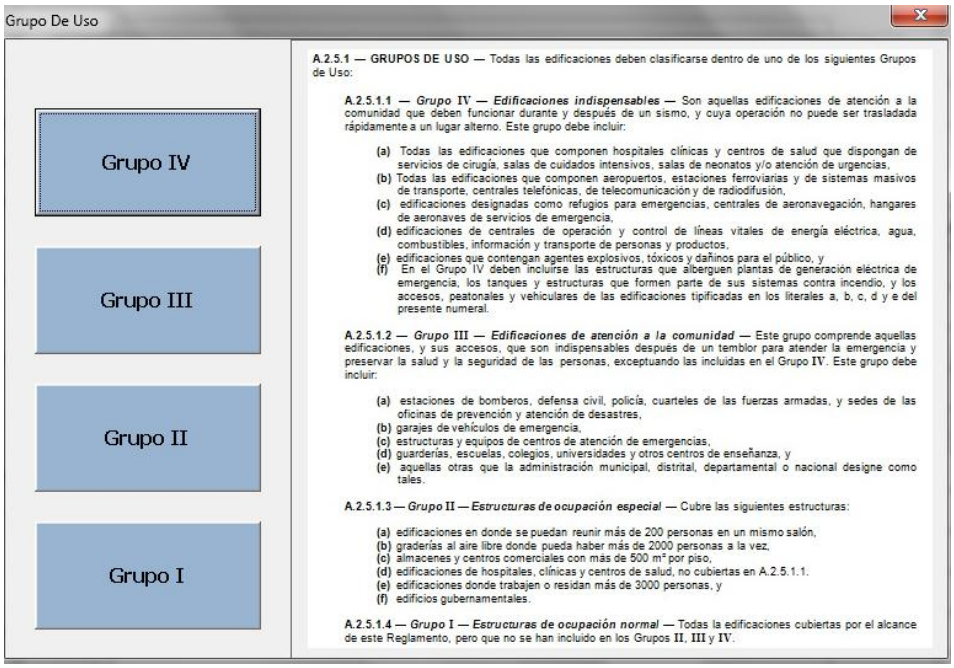
Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos vulnerables a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36$ m)	

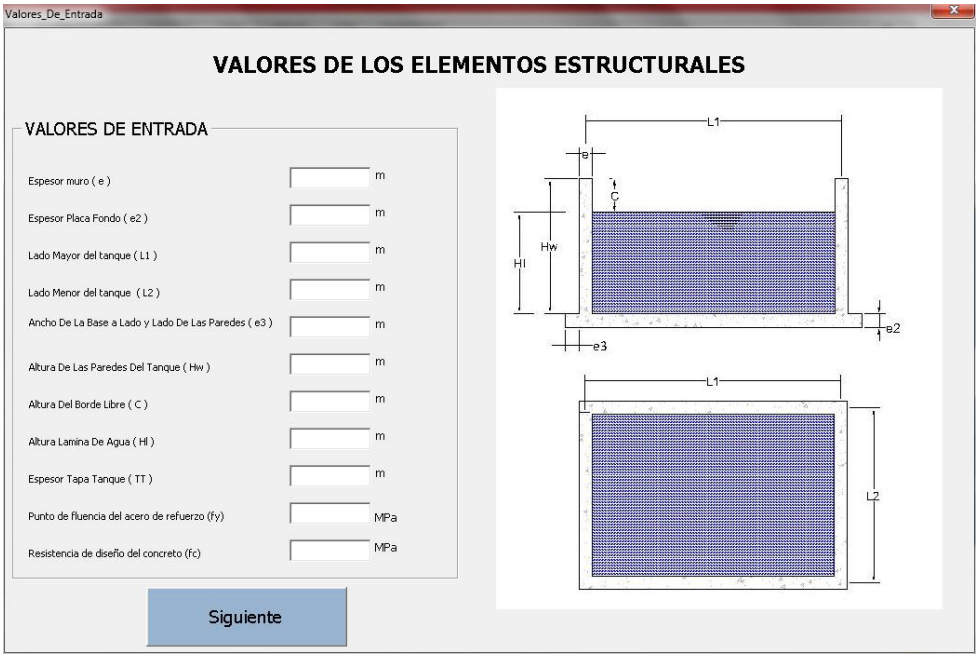
- Datos suministrados por el ingeniero hidráulico



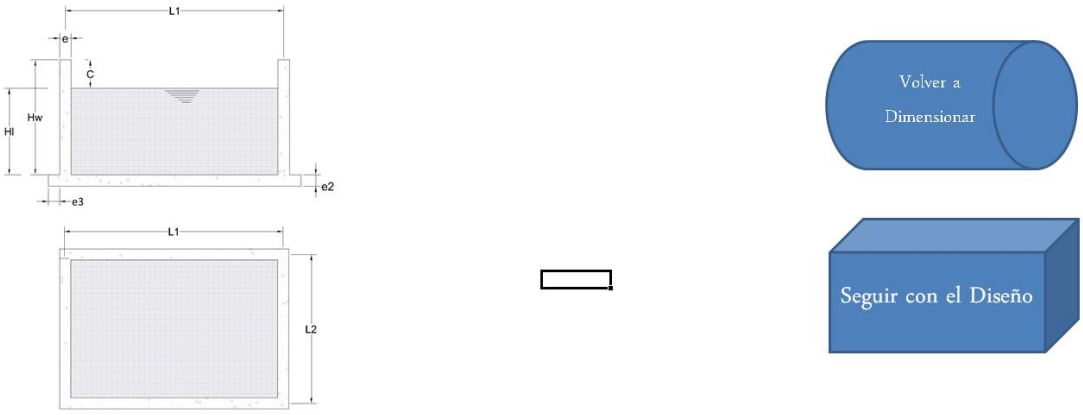
- Grupo de uso de la estructura



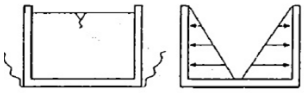
- Predimensionamiento del tanque



- Comprobación del predimensionamiento



- Diseño estructural



Esfuerzo admisible a cortante	21816	O.K
Esfuerzo último a cortante	7810,16	

Volver a Dimensionar

Condición 2

Esfuerzo admisible a cortante	22634	O.K
Esfuerzo último a cortante	3753,21	

FACTOR DEL SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO:	11,248	O.K
FACTOR DEL SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO:	4,076	O.K

Seguir con el Diseño

Barras

Asuma la designación de la barra que se encuentra en la tabla

DIMENSIONES NOMINALES DE LAS BARRAS DE REFUERZO (Diámetros basados en octavos de pulgada)					
Designación de la Barra No.	Diámetro de referencia en Pulgadas	Dimensiones Nominales			Masa Kg/m
		Diámetro mm	Area mm	Perímetro mm	
2	1/4"	6,4	32	20,0	0,250
3	3/8"	9,5	71	30,0	0,560
4	1/2"	12,7	129	40,0	0,994
5	5/8"	15,9	199	50,0	1,552
6	3/4"	19,1	284	60,0	2,235
7	7/8"	22,2	387	70,0	3,042
8	1"	25,4	510	80,0	3,973
9	1 - 1/8"	28,7	645	90,0	5,060
10	1 - 1/4"	32,3	819	101,3	6,404
11	1 - 3/8"	35,8	1.006	112,5	7,907
14	1 - 3/4"	43,0	1.452	135,1	11,380
18	2 - 1/4"	57,3	2.581	180,1	20,240

VARILLA MUROS PERIMETRALES VERTICAL

VARILLA MUROS PERIMETRALES HORIZONTALES

PLACA DE FONDO

PLACA DE TAPA

Siguiente

CONCRETO

1. VOLUMEN DE PAREDES		SUMA	Peso (kN)
1. LARGAS	2. CORTAS	1 + 2	1200,24
31,5	18,51	50,01	

	Área (m²)	Volumen (m³)	Peso (kN)
2. VOLUMEN PLACA FONDO	106,12	63,6702	1528,0848

	Área (m²)	Volumen (m³)	Peso (kN)
3. VOLUMEN TAPA TANQUE	75,29	30,114	722,736

		Peso (kN)
4. VOLUMEN TOTAL DE CONCRETO	143,7942	3451,0608

Revisión de Acero

Seguir con el Diseño

ACERO

	Hierro Muros Vertical	Cantidad	Peso unitario	Longitud un (m)	Peso total(kg)
#	5	128	1,552	3	596,3184541

	Hierro Muros Horizontal	Cantidad	Peso unitario	Longitud unid	Peso total
#	4	27	0,994	10,50	281,799
#	4	27	0,994	7,17	192,42846
		54		Total	474,22746

	Hierro Placa tapa Cara larga	Cantidad	Peso unitario	Longitud unid	Peso total
#	8	57	3,973	8,77	1986,06297

	Hierro Placa tapa Cara corta	Cantidad	Peso unitario	Longitud unid	Peso total
#	7	40	3,042	12,10	1472,328

	Hierro Placa fondo Cara larga	Cantidad	Peso unitario	Longitud unid	Peso total
#	8	56	3,973	8,77	1951,21976

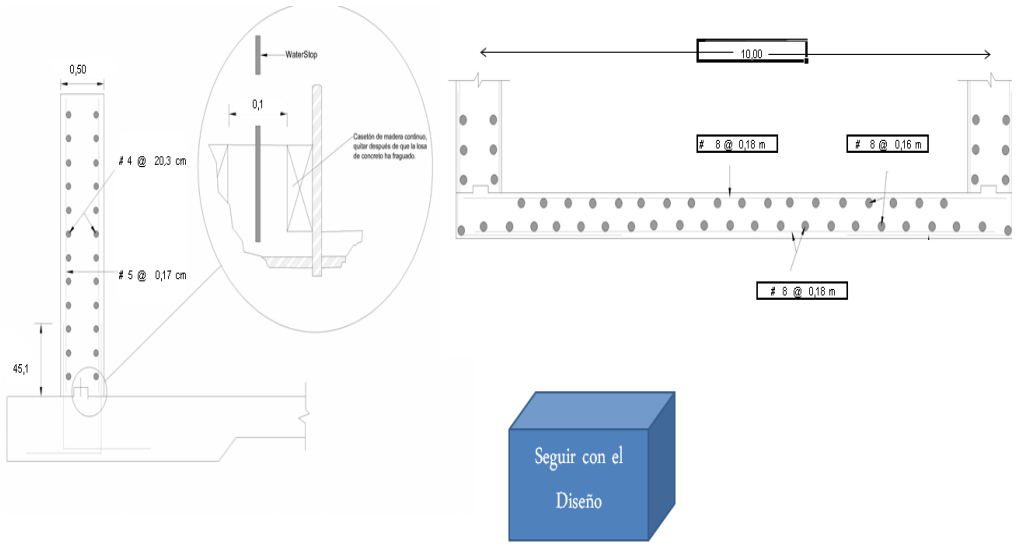
	Hierro Placa fondo Cara corta	Cantidad	Peso unitario	Longitud unid	Peso total
#	8	36	3,973	12,10	1730,6388

Peso total de acero	8210,795444 kg.

CANTIDADES DE OBRA

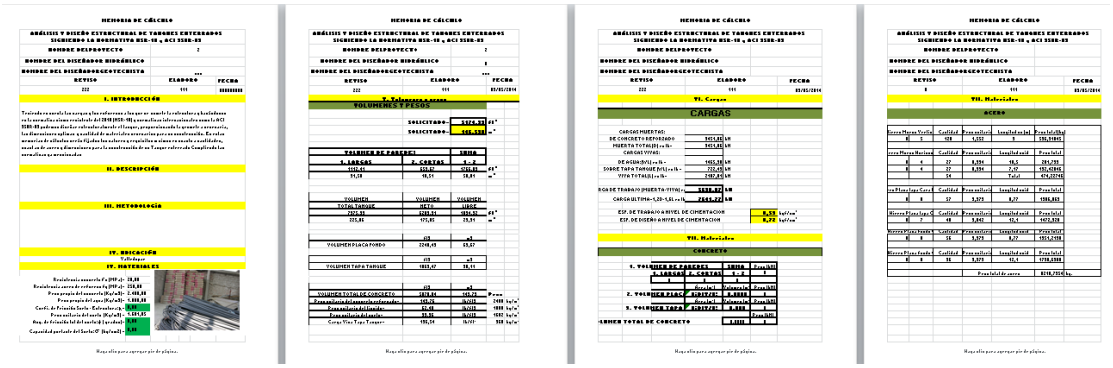
1- VOLUMEN DE CONCRETO =	fc [MPa]	28	**143,79**	m²
2 - PESO DEL ACERO DE REFUERZO:				
PESO TOTAL DEL ACERO	fy [MPa]	250	**8210,795444**	kg
3- MALLA ELECTROSOLDADA Φ=4mm			0,49	m²
4- ANGULO 2X 2X1/8"			2,80	m.l.
5- PASE EN TUBO Φ=3/4"			0,40	m.l.

- Plano estructural



Seguir con el Diseño

- Memorias de cálculo



MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES ENTERRADOS SIGUIENDO LA NORMATIVA NSR-10 y ACI 350R-03

NOMBRE DEL PROYECTO: 2

NOMBRE DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO: 1

NOMBRE DEL DISEÑADOR GEOTÉCNISTA: ***

REVISO	ELABORÓ	FECHA
???	???	**********

I. INTRODUCCIÓN

II. DESCRIPCIÓN

III. METODOLOGÍA

IV. UBICACIÓN

V. Dibujos

VI. MATERIALES

Resistencia a compresión f'c (MPa): 28,00

Resistencia a cortante de cortante fy (MPa): 420,00

Peso específico del concreto (Kg/m3): 2.400,00

Peso específico del acero (Kg/m3): 7.850,00

Coef. de Poisson Suelo - Estructura ν: 0,20

Peso específico del suelo (Kg/m3): 1.691,05

Ang. de fricción del del suelo (grados): 26,00

Capacidad portante del Suelo (T ton/m2): 8,00

Haga click aquí para agregar pie de página.

MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES ENTERRADOS SIGUIENDO LA NORMATIVA NSR-10 y ACI 350R-03

NOMBRE DEL PROYECTO: 2

NOMBRE DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO: 1

NOMBRE DEL DISEÑADOR GEOTÉCNISTA: ***

REVISO	ELABORÓ	FECHA
???	???	03/05/2014

V. Volumenes y pesos

VOLUMENES Y PESOS

SOLICITADO→ 2174,33 m³

SOLICITADO→ 165,13 ton

VOLUMEN DE PARCHES		1016
1. LARGAS	2. CORTAS	1 - 2
1112,41	1161,92	1161,92 m³
94,38	98,51	98,51 ton

VOLUMEN	VOLUMEN	VOLUMEN
TOTAL TANQUE	NETO	LIBRE
2212,33	1208,41	1004,92 m³
225,81	175,91	29,91 ton

VOLUMEN PLACA FONDO	2240,49	55,27

VOLUMEN TAPA TANQUE	1860,47	18,11

	m3	m3	
VOLUMEN TOTAL DE CONCRETO	1870,84	142,73	Prom
Densidad promedio del concreto:	145,76	lb/ft3	2400 kg/m³
Densidad del Líquido:	62,42	lb/ft3	1000 kg/m³
Densidad del Suelo:	105,56	lb/ft3	1690 kg/m³
Carga Viva Tapa Tanque:	100,14	lb/ft2	500 kg/m²

Haga click aquí para agregar pie de página.

MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES ENTERRADOS SIGUIENDO LA NORMATIVA NSR-10 y ACI 350R-03

NOMBRE DEL PROYECTO: 2

NOMBRE DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO: 1

NOMBRE DEL DISEÑADOR GEOTÉCNISTA: ***

REVISO	ELABORÓ	FECHA
???	???	03/05/2014

VI. Cargas

CARGAS

CARGAS MUERTAS:		
DE CONCRETO REPARADO=	9411,88	kN
MUERTA TOTAL(D) (+/-N-CARGAS VIVAS):	9411,88	kN
DE AGUA(W)(+/-N-SOBRE TAPA TANQUE(V)(+/-N -	1411,78	kN
VIVA TOTAL(L) (+/-N-	2117,67	kN
RGA DE TRABAJO (PUESTA-TITRAL=	3529,47	kN
CARGA ULTIMA=1,2D+1,6L+1,6W	7411,42	kN
ESF. DE TRABAJO A NIVEL DE CIMENTACION	0,35	kgf/cm²
ESF. DE DISEÑO A NIVEL DE CIMENTACION	0,72	kgf/cm²

VII. Materiales

CONCRETO

1. VOLUMEN DE PARCHES		1016	Prom (kN)	
1. LARGAS	2. CORTAS	1 - 2	1	
1	1	1	1	
	Densidad	Volumen	Prom (kN)	
2. VOLUMEN PLACA	2,3017/m³	0,0018	1	
	Densidad	Volumen	Prom (kN)	
3. VOLUMEN TAPA	2,3017/m³	0,0018	1	
			Prom (kN)	
VOLUMEN TOTAL DE CONCRETO		1,0018	1	

Haga click aquí para agregar pie de página.

MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES ENTERRADOS SIGUIENDO LA NORMATIVA NSR-10 y ACI 350R-03

NOMBRE DEL PROYECTO: 2

NOMBRE DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO: 1

NOMBRE DEL DISEÑADOR GEOTÉCNISTA: ***

REVISO	ELABORÓ	FECHA
1	???	03/05/2014

VII. Materiales

ACERO

Acero Placas Vertical		Cantidad	Peso unitario	Longitud unitaria	Peso total (kg)
#5	3	108	1,552	5	1255,9440
Acero Placas Horizontal		Cantidad	Peso unitario	Longitud unitaria	Peso total
#5	4	27	0,194	18,5	201,279
#5	4	27	0,194	7,42	151,4364
		54		Total	474,22743
Acero Placas Cara Cortas		Cantidad	Peso unitario	Longitud unitaria	Peso total
#5	3	27	0,929	8,27	1188,824
Acero Placas Largas		Cantidad	Peso unitario	Longitud unitaria	Peso total
#5	2	18	0,642	12,1	1402,329
Acero Placas Fondo		Cantidad	Peso unitario	Longitud unitaria	Peso total
#5	3	16	0,929	8,27	1057,2768
Acero Placas Tapa		Cantidad	Peso unitario	Longitud unitaria	Peso total
#5	3	16	0,929	12,1	1718,3988
			Peso total de acero		8118,7314 kg

Haga click aquí para agregar pie de página.

8. CONCLUSIONES

- Actualmente los parámetros de análisis y diseño estructural; principalmente los factores de mayoración de carga, tuvieron una modificación significativa con respecto a la norma de sismo resistencia del 2008 en Colombia, permitiendo ser más conservadores en el diseño y a la vez tener un factor de seguridad adecuado.

- La base de datos desarrollada incluyó todos los coeficientes de momentos en todos los sentidos de la estructura, coeficientes de cortantes y deflexiones presentes en el manual de diseño de la PCA (Porland Cement Association) los cuales se basaron en las teorías anteriormente publicadas por Timoshenko en su libro Theory of Plates and Shells[11]

- Un aplicativo computacional presenta muchas ventajas frente a diseños definidos y estandarizados, ya que el aplicativo computacional permite mejorar los diseños y ajustarlos a condiciones especiales optimizando los procesos de cálculo y disminuyendo el tiempos de laboriosos cálculos manuales

- Se desarrolló la sistematización del análisis y diseño estructural de tanques rectangulares enterrados, siguiendo las normativas vigentes, tanto, colombianas como respecto a manuales de diseño internacionales, con ayuda de herramientas computacionales como Microsoft Excel y Visual Basic, las cuales permiten ingresar valores de los diseños recopilados, y verificar si cumplen con los requisitos establecidos en la NSR-10 y la ACI 350R-89, automatizando tareas de verificación de diseños, y con la ventaja de poder rediseñar la estructura sin gastar demasiado tiempo.

[11] **Timoshenko, S.** *Theory of Plates and Shells.* New York : McGraw-Hill Book Co., 1940.

9. RECOMENDACIONES

Conforme al producto de esta investigación se logró formular un aplicativo computacional que de forma interactiva con el ingeniero estructural consigue un diseño estructural de tanques rectangulares el cual puede con futuras programaciones diseñar tanques rectangulares con varias celdas y hasta tanques circulares, además se debe tener en cuenta que se puede aplicar a revisar diseños existentes, rediseñarlos e inclusive generar nuevos diseños; por lo anterior recomendamos sistematizar el análisis y diseño estructural de tanques rectangulares que incluya varias celdas y tanques circulares.

Esta investigación se puede tomar como base y referencia para futuras investigaciones de la Línea de Investigación: Edificaciones y obras civiles con tecnología apropiada para el desarrollo de la infraestructura física, la reducción de la vulnerabilidad y mejoramiento de la calidad de vida – EDOC – UGC.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. **Montiel Vásquez, Francisco Antonio.** Universidad Veracruzana. [En línea] 12 de Diciembre de 2011. [Citado el: 29 de Noviembre de 2013.] http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30579/1/MotielVasquez.pdf.

2. **Corcho Romero, Freddy y Duque Serna, José Ignacio.** *Acueductos teoía y diseño.* Medellín : Sello Editorial. Universidad de Medellín, 2005.

3. **Microsoft;.** Microsoft Developer Network. [En línea] [Citado el: 29 de Noviembre de 2013.] http://msdn.microsoft.com/es-es/library/2x7h1hfk(v=vs.80).aspx.

4. **Pachón Palacios, Mauricio y Reina Sanchez, Ana Sofia.** *Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Civil.* Bogotá : Universidad la Gran Colombia, 2012.

5. **Rodero Oña, Beatriz.** *Depósitos para riego.*

6. **Osorio Díaz, Eduardo Javier.** *Recipiente rectangular con tirantes bajo presión hidrostática.* Azcapotzalco : INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, 2008.

7. **Pavón Rodríguez, Víctor M.** *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA CONTENER LÍQUIDOS.* Ciudad de México : Fundación ICA, 2001.

8. **350, ACI Committee.** *Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350R-95).* Detroit : American Concrete Institute, 1995.

9. **318, ACI Commiittee.** *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95).* Farmington Hills : American Concrete Institute, 1995.

10. **Timoshenko, S.** *Theory of Plates and Shells.* New York : McGraw-Hill Book Co., 1940.

11. **INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC.** *International Building Code.* Alabama : ICC International Code Council, 2012.

12. **Munshi, Javeed A.** *RECTANGULAR CONCRETE TANKS.* REVISED FIFTH EDITION. Skokie : PORLAND CEMENT ASSOCIATION, 1998.

13. **COMISIÓN ASESORA PERMANENTE , PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES.** *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMORESISTENTE NSR-10.* BOGOTÁ, D.C : Asociación Colombiana de Ingeniería Sismica, 2010.

12. ANEXOS

12.1. Anexo 1. Programa interactivo de la sistematización del análisis y diseño estructural de tanques enterrados siguiendo la normativa NSR-10 Y ACI 350R-95.

```
Sub Inicio()
Sheets("plano").Activate
UserForm3.Show
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm2.Show
End Sub
Private Sub ComboBox1_Change()
Sheets("Memoria De Calculos").Range("a29") = (TextBox6)
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm4.Show
End Sub
Private Sub TextBox1_Change()
Sheets("Memoria De Calculos").Range("C2") = (TextBox1)
End Sub
Private Sub TextBox2_Change()
Sheets("Memoria De Calculos").Range("e3") = (TextBox2)
End Sub
Private Sub TextBox3_Change()
Sheets("Memoria De Calculos").Range("e4") = (TextBox3)
End Sub
Private Sub TextBox4_Change()
Sheets("Memoria De Calculos").Range("c6") = (TextBox4)
End Sub
Private Sub TextBox5_Change()
Sheets("Memoria De Calculos").Range("a6") = (TextBox5)
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm7.Show
End Sub
Private Sub TextBox2_Change()
```

```
Sheets("Principal").Range("F45").Value = Val(TextBox2)
End Sub
Private Sub TextBox5_Change()
Sheets("Principal").Range("C85").Value = Val(TextBox2)
End Sub
Private Sub CommandButton33_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Neiva")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton34_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Santa Marta")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton35_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("San Andrés, Isla")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton36_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Riohacha")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton37_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Quibdó")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton38_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Puerto Inírida")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton39_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Puerto Carreño")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Cúcuta")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton40_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Pereira")
UserForm6.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton41_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Pasto")
UserForm6.Show
End Sub


Private Sub CommandButton42_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("San José del Guaviare")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton43_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Villavicencio")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton44_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Valledupar")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton45_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Tunja")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton46_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Sincelejo")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton47_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Popayán")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton5_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Cartagena")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton6_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Cali")
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton7_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Bucaramanga")
UserForm6.Show
```

```
End Sub
Private Sub CommandButton9_Click()
Sheets("PRINCIPAL").Range("D2") = ("Barranquilla")
UserForm6.Show
End Sub


Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("Principal").Range("B14") = ("A")
UserForm5.Show
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
Sheets("Principal").Range("B14") = ("B")
UserForm5.Show
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
Sheets("Principal").Range("B14") = ("C")
UserForm5.Show
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
Sheets("Principal").Range("B14") = ("D")
UserForm5.Show
End Sub
Private Sub CommandButton5_Click()
Sheets("Principal").Range("B14") = ("E")
UserForm5.Show
End Sub
Private Sub CommandButton6_Click()
Sheets("Principal").Range("B14") = ("F")
UserForm5.Show
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("Principal").Range("g4") = Val(1)
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
Sheets("Principal").Range("g4").Value = Val(2)
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
Sheets("Principal").Range("g4").Value = Val(3)
```

```
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
Sheets("Principal").Range("g4").Value = Val(4)
UserForm8.Show
End Sub


Private Sub CommandButton5_Click()
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton6_Click()
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton7_Click()
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton8_Click()
UserForm8.Show
End Sub
Private Sub CommandButton9_Click()
UserForm6.Show
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("Principal").Range("D14") = ("IV")
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
Sheets("Principal").Range("D14") = ("III")
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
Sheets("Principal").Range("D14") = ("II")
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
Sheets("Principal").Range("D14") = ("I")
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub TextBox1_Change()
Sheets("Principal").Range("d5").Value = Val(TextBox1)
```

```
End Sub
Private Sub TextBox10_Change()
Sheets("Principal").Range("e71").Value = Val(TextBox10)
End Sub
Private Sub TextBox11_Change()
Sheets("Principal").Range("e72").Value = Val(TextBox11)
End Sub


Private Sub TextBox23_Change()
Sheets("Principal").Range("d6").Value = Val(TextBox23)
End Sub
Private Sub TextBox2_Change()
Sheets("Principal").Range("d6").Value = Val(TextBox2)
End Sub
Private Sub TextBox3_Change()
Sheets("Principal").Range("f11").Value = Val(TextBox3)
End Sub
Private Sub TextBox4_Change()
Sheets("Principal").Range("g11").Value = Val(TextBox4)
End Sub
Private Sub TextBox5_Change()
Sheets("Principal").Range("d9").Value = Val(TextBox5)
End Sub
Private Sub TextBox6_Change()
Sheets("Principal").Range("d10").Value = Val(TextBox6)
End Sub
Private Sub TextBox7_Change()
Sheets("Principal").Range("d11").Value = Val(TextBox7)
End Sub
Private Sub TextBox8_Change()
Sheets("Principal").Range("d12").Value = Val(TextBox8)
End Sub
Private Sub TextBox9_Change()
Sheets("Principal").Range("d13").Value = Val(TextBox9)
End Sub
Private Sub TextBox22_Change()
Sheets("Principal").Range("D5").Value = Val(TextBox22)
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Título = "VERIFICACION"
Estilo = vbOKOnly + vbInformation   ' Define los botones.
Sheets("Principal").Visible = True
Sheets("Principal").Select
If Cells(1, 11) > 0 Then
        Else
        Mensaje = "No cumple con el espesor minimo " & Chr(13) & Chr(13) & "Por favor
verifique"
        Respuesta = MsgBox(Mensaje, Estilo, Título)
End If
End
End Sub
Sub volver()
UserForm1.Show
End Sub
Sub Seguir()
Título = "VERIFICACION"
Estilo = vbOKOnly + vbInformation   ' Define los botones.
Sheets("Esfuerzos").Visible = True
Sheets("Esfuerzos").Select
If Cells(3, 10) > 0 Then
        Else
        Mensaje = "Presenta Error en los Esfuerzo admisible en la condición 1 " &
Chr(13) & Chr(13) & "Por favor verifique y modifique el espesor de los muros"
        Respuesta = MsgBox(Mensaje, Estilo, Título)
End If
Sheets("Esfuerzos").Select
If Cells(11, 10) > 0 Then
        Else
```

```
	Mensaje = "Presenta Error en los Esfuerzo admisible en la condición 2 " &
Chr(13) & Chr(13) & "Por favor verifique y modifique el espesor de los muros"
	Respuesta = MsgBox(Mensaje, Estilo, Título)
End If
Sheets("Esfuerzos").Select
If Cells(19, 7) > 0 Then
	Else
	Mensaje = "Presenta Error en el Factor De Seguridad Al Volcamiento " & Chr(13)
& Chr(13) & "Por favor verifique y Predimensiones otra vez"
	Respuesta = MsgBox(Mensaje, Estilo, Título)
End If

Sheets("Esfuerzos").Select
If Cells(20, 7) > 0 Then
	Else
	Mensaje = "Presenta Error en el Factor De Seguridad Al Deslizamiento " &
Chr(13) & Chr(13) & "Por favor verifique y Predimensiones otra vez"
	Respuesta = MsgBox(Mensaje, Estilo, Título)
End If
End Sub
Sub Varillas()
UserForm9.Show
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("Cantidades de obra").Activate
End
End Sub
Private Sub TextBox1_Change()
Sheets("Principal").Range("G236").Value = Val(TextBox1)
End Sub
Private Sub TextBox2_Change()
Sheets("Principal").Range("G272").Value = Val(TextBox1)
End Sub
Private Sub TextBox3_Change()
Sheets("Principal").Range("G405").Value = Val(TextBox1)
End Sub
Private Sub TextBox4_Change()
Sheets("Principal").Range("G350").Value = Val(TextBox1)
End Sub
Sub Ultimo()
Sheets("Memorias de Calculos").Activate
```

```
End Sub
Sub cortes()
Sheets("despiece de Acero").Activate
End Sub
Sub Tuto()
UserForm9.Show
End Sub
```

ANEXO No. 2: Presentación de la sistematización del análisis y diseño estructural de tanques enterrados siguiendo la normativa NSR-10 Y ACI 350R-95 (CD).