

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN



**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y
COSTO DE UN RESERVORIO CIRCULAR DE FERRO - CEMENTO
Y UNO DE CONCRETO ARMADO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: JULVER NILO TINOCO GUEVARA

ASESOR: ING. PACO ARTURO CACHAY DÍAZ

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

COPYRIGHT © 2014 by

JULVER NILO TINOCO GUEVARA

Todos los derechos reservados

A:

Dios y a la Virgen María

Gracias a Dios por haberme regalado la vida y permitirme ser parte de una familia sólida y unida. A Santa María por guiarme cada instante en el camino del Señor Jesús.

Mis padres Saturnino Tinoco y Felicita Guevara por su tenaz paciencia y Amor, quienes sabiamente me supieron guiar en la vida, siendo parte de mis planes, éxitos, alegrías y tristezas, sin cuya ayuda moral, fraternal, no habría sido posible lograr esta meta.

Mis hermanos, Reiner, Jhan, Manuel, Análí y Luz Mery Quienes me dieron la seguridad, fuerza y apoyo incondicional en todo momento.

Yudi Yedize por el amor y su apoyo brindado durante todo este tiempo en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Por ser una compañera en los sueños y objetivos trazados, buscando siempre ser cada vez mejores.

Mi sobrina Valeria Anahí por dar alegría paz en cada uno de nosotros. Omar y Análí quienes de una u otra forma me brindaron su apoyo incondicional para la culminación de esta Investigación.

A:

A Dios todopoderoso

Quien estuvo en todo momento conmigo y me dio salud, iluminación y fortaleza para culminar con la meta propuesta.

La Universidad Nacional de Cajamarca, que por medio de la Facultad De Ingeniería, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil me formo profesionalmente para asumir los retos de la vida cotidiana a través de sus tres pilares: la investigación, la formación y la proyección social.

A mi asesor

Por el constante apoyo y dedicación al desarrollo de esta investigación

A todos los profesionales y compañeros quienes de una u otra forma Me brindaron su apoyo incondicional para la culminación de esta Investigación.

CONTENIDO

| <u>Ítem</u> | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| CONTENIDO | v |
| INDICE DE TABLAS | vii |
| INDICE DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPITULO I. INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. Antecedentes | 4 |
| 2.1.1. Internacionales | 4 |
| 2.1.2. Nacionales | 5 |
| 2.2. Bases Teóricas | 7 |
| 2.2.1. Ferro-cemento | 7 |
| 2.2.1.1 Materiales de Ferro-Cemento | 7 |
| 2.2.1.2 Propiedades del Ferro-Cemento | 10 |
| 2.2.2. Concreto Armado | 13 |
| 2.2.2.1 Materiales de Concreto | 14 |
| 2.2.2.2 Propiedades del concreto armado | 15 |
| 2.2.3. Reservorio | 16 |
| 2.2.3.1 Tipos | 17 |
| 2.2.3.2 Dimensiones del Reservorio | 17 |
| 2.2.4. Diseño Estructural | 18 |
| 2.2.5. Inversión: | 18 |
| 2.2.5.1 Costos y Presupuestos. | 18 |
| 2.2.6. SAP-2000 Versión Educacional | 19 |
| 2.2.7. Comprobación Teórica | 23 |
| CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |

| <u>Ítem</u> | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 3.1 Localización | 25 |
| 3.2 Tiempo o época. | 26 |
| 3.3 Materiales y Equipos | 26 |
| 3.4 Diseño Metodológico. | 27 |
| 3.4.1 Procedimiento | 27 |
| 3.4.2 Análisis Estructural | 27 |
| 3.4.2.1 Reservoirio de 20 m ³ | 28 |
| a) Aspectos Generales | 28 |
| b) Concreto Armado | 36 |
| c) Ferro-Cemento | 39 |
| 3.4.3 Análisis de Costo Directo | 43 |
| 3.4.4 Comprobación Teórica | 43 |
| 3.4.5 Criterio de evaluación de los reservorios | 45 |
| 3.5 Tratamiento y análisis de datos | 46 |
| 3.5.1 Análisis Estructural | 46 |
| 3.5.1.1 Reservoirio de 20 m ³ - Concreto Armado | 46 |
| 3.5.1.2 Reservoirio de 20 m ³ - Ferro – Cemento | 50 |
| 3.5.2 Cálculo Análisis de Costo Directo | 54 |
| CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 66 |
| 4.1.1 Comparación de Esfuerzos | 56 |
| 4.1.2 Comparación de Deformaciones | 63 |
| 4.1.3 Comparación de Presupuesto | 66 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 69 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. | 71 |
| ANEXOS | 73 |
| Anexo A: Gráficos de fuerzas, momentos y deformaciones | 73 |
| Anexo B: Diseño y Metrado del reservoirio de Concreto Armado | 77 |
| Anexo C: Diseño y Metrado del reservoirio de Ferro-Cemento | 82 |
| Anexo D: Análisis de costos unitarios | 87 |
| Anexo E. Hoja de presupuesto | 99 |
| Anexo F. Cotización - Materiales en La Provincia de Jaén | 101 |
| Anexo G. Tabla para determinar el coeficiente c para la comp. Teórica | 102 |
| Anexo H. Planos | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| <u>Tabla</u> | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Tabla N° 1: Agregado Fino. | 8 |
| Tabla N° 2. Valores mínimos de resistencia a la fluencia. | 12 |
| Tabla N° 3. Requisitos Granulométricos del agregado fino. | 14 |
| Tabla N°4. Dimensiones Reservoirio 20m3 | 28 |
| Tabla N°5. Dimensiones de la Cúpula - 20 m³ | 29 |
| Tabla N°6. Fuerzas Anulares en Muro - Concreto Armado | 46 |
| Tabla N° 7. Fuerzas Verticales en Muro - Concreto Armado. | 47 |
| Tabla N° 8. Momento 11 en Muro - Concreto Armado. | 47 |
| Tabla N° 9. Momento 22 en Muro - Concreto Armado | 48 |
| Tabla N° 10. Cortante 13 en Muro-Concreto Armado. | 48 |
| Tabla N° 11. Cortante 23 en Muro - Concreto Armado. | 49 |
| Tabla N° 12. Acero de Diseño Horizontal en Muro-Concreto Armado. | 49 |
| Tabla N° 13. Acero de Diseño Vertical en Muro-Concreto Armado. | 50 |
| Tabla N° 14. Fuerzas Anulares en Muro – Ferro – Cemento | 50 |
| Tabla N° 15. Fuerzas Verticales en Muro - Ferro – Cemento | 51 |
| Tabla N° 16. Momento 11 en Muro - Ferro – Cemento | 51 |
| Tabla N° 17. Momento 22 en Muro - Ferro – Cemento | 52 |
| Tabla N° 18. Cortante 13 en Muro- Ferro – Cemento | 52 |
| Tabla N° 19. Cortante 23 en Muro - Ferro – Cemento | 53 |
| Tabla N° 20. Acero de Diseño Horizontal en Muro - Ferro – Cemento | 53 |
| Tabla N° 21. Acero de Diseño Vertical en Muro - Ferro – Cemento | 54 |
| Tabla N° 23. Metrados para el Reservoirio de Ferro – Cemento | 55 |
| Tabla N° 24. Metrados para el Reservoirio de Ferro – Cemento | 55 |
| Tabla N° 37. Fuerzas Anulares – Reservoirio de Concreto Armado | 56 |
| Tabla N° 38. Fuerzas Anulares – Reservoirio de Ferro – Cemento | 57 |
| Tabla N° 39. Fuerzas Verticales – Reservoirio de Concreto Armado | 57 |
| Tabla N° 40. Fuerzas Verticales – Reservoirio de Ferro – Cemento | 58 |
| Tabla N° 41. Momento M11 – Reservoirio de Concreto Armado | 59 |

| <u>Tabla</u> | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Tabla N° 42. Momento M11 – Reservoirio de Ferro – Cemento | 60 |
| Tabla N° 43. Momento M22 – Reservoirio de Concreto Armado | 61 |
| Tabla N° 44. Momento M22 – Reservoirio de Ferro - Cemento | 62 |
| Tabla N° 45. Deformaciones de 0.00 m a 1.00 m | 63 |
| Tabla N° 46. Deformaciones de 1.00 m a 2.00 m | 63 |
| Tabla N° 47. Deformaciones de 0.00 m a 1.00 m | 64 |
| Tabla N°48. Deformaciones de 1.00 m a 2.00 m | 64 |
| Tabla N°49. Presupuesto en Reservoirio de Concreto Armado | 65 |
| Tabla N°50. Presupuesto en Reservoirio de Ferro – Cemento | 66 |
| Tabla N° 25. Costo Unitario R-20 m3 - Concreto Armado | 75 |
| Tabla N° 26. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Muros-Concreto f'c=210 Kg/cm2 | 76 |
| Tabla N° 27. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Muros – Acero | 77 |
| Tabla N° 28. Costo Unitario R-20 m3- Concreto A. Cúpula – Encofrado y Desencofrado | 78 |
| Tabla N° 29. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Cúpula - Concreto f'c=210 Kg/cm2 | 79 |
| Tabla N° 30. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Cúpula – Acero | 80 |
| Tabla N° 31. Costo Unitario R-20 m3 – Ferro – Cemento Encofrado y Desencofrado – Muros | 81 |
| Tabla N° 32. Costo Unitario R-20 m3- Champeado de Concreto f'c'=160 kg/cm2 en Muros - Ferro - Cemento | 82 |
| Tabla N° 33. Costo Unitario R-20 m3- Malla de Gallinero en Muros | 83 |
| Tabla N° 34. Costo Unitario R-20 m3 – Ferro – Cemento, Encofrado y Desencofrado – Cúpula | 84 |
| Tabla N° 35. Costo Unitario R-20 m3- Champeado de Concreto f'c'=160 kg/cm2 en Cúpula - Ferro - Cemento | 85 |
| Tabla N° 36. Costo Unitario R-20 m3- Malla de Gallinero en Cúpula - Ferro – Cemento. | 86 |
| Tabla N° 21. Actividades consideradas para el presupuesto del reservoirio de concreto armado. | 87 |
| Tabla N° 22. Actividades Presupuesto Reservoirio de Ferro – Cemento | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| <u>Figura</u> | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Figura N° 1. Análisis comparativo de costos de estructuras de concreto y de ferro-cemento, reservorios | 6 |
| Figura N°2. Cuadro de Costos de una Obra. | 18 |
| Figura N°3. Espectro de Aceleración | 20 |
| Figura N°4. Ubicación geográfica del proyecto de estudio | 25 |
| Figura N°5. Ubicación geográfica del proyecto de estudio | 26 |
| Figura N° 5.1 Parámetros en reservorios circulares | 29 |
| Figura N°6. Creación en modelo en el SAP2000 | 30 |
| Figura N°7. Ingreso de Dimensiones | 30 |
| Figura N°8. Ingreso de Dimensiones de cúpula. | 31 |
| Figura N°9. Definición de Grupos | 31 |
| Figura N°10. Asignación del tipo de Apoyo | 32 |
| Figura N°11. Definición de las Cargas. | 32 |
| Figura N°12. Generación de Espectro | 33 |
| Figura N°13. Combinaciones de Carga | 34 |
| Figura N° 14. Ingreso del Patrón de Cargas | 35 |
| Figura N° 15. Ingreso de Valores de presión de Agua | 36 |
| Figura N° 16. Definición de materiales | 37 |
| Figura N° 17. Propiedades Muro | 38 |
| Figura N° 18. Propiedades Cúpula | 38 |
| Figura N° 19. Empuje del Agua | 39 |
| Figura N° 20. Definición de materiales – Mortero | 40 |
| Figura N° 21. Definición de materiales – Malla de Gallinero | 41 |
| Figura N° 22. Propiedades Muro | 42 |
| Figura N° 23. Propiedades Cúpula | 42 |
| Figura N° 24. Empuje del Agua | 43 |
| Figura N° 25. Valor del Momento a una altura de 0.5 H. | 45 |
| Figura N° 26. Fuerzas Anulares – Reservorio de Concreto Armado | 88 |
| Figura N° 27. Fuerzas Verticales – Reservorio de Concreto Armado | 89 |
| Figura N° 28. Fuerzas Verticales – Reservorio de Ferro – Cemento | 90 |

| Figura | Pág. |
|--|-------------|
| Figura N° 29. Momento M11 – Reservorio de Concreto Armado | 91 |
| Figura N° 30. Momento M11 – Reservorio de Ferro – Cimento | 91 |
| Figura N° 31. Momento M22 – Reservorio de Concreto Armado | 92 |
| Figura N° 32. Momento M22 – Reservorio de Ferro – Cimento | 92 |

RESUMEN

La población rural en el Perú en un gran porcentaje, no cuentan con acceso a un sistema de abastecimiento de agua potable. Por esto, la necesidad del Gobierno Peruano de abastecer con agua a las comunidades que no cuenten con este sistema, realizando proyectos de abastecimientos de agua, invirtiendo dinero y tiempo. En un sistema de agua potable una de los componentes es el reservorio, que en la mayoría de proyectos se construyen de Concreto Armado y en otros de Ferro-Cemento, por cuanto es vital conocer cuál de estos dos tipos cumple satisfactoriamente su comportamiento estructural y además cual tiene menor costo para la recomendación en los diferentes proyectos. El objetivo de dicha investigación es comparar el comportamiento estructural y el costo de un reservorio circular de Ferro – Cemento y uno de Concreto Armado. La metodología que se usó fue: Primero, se realizó el análisis estructural de los reservorios utilizando el SAP-2000, calculándose así esfuerzos y deformaciones. Segundo, se realizó el diseño de concreto y ferro-cemento de cada reservorio. Tercero, se realizó los esquemas de cada reservorio apoyándose en los cálculos ya realizados en el diseño. Cuarto, con los esquemas y el diseño terminado, se hizo un análisis de costo. Finalmente, se comparó resultados, para ver cuál de estos reservorios es más recomendable en las zonas rurales de la Provincia de Jaén. Se concluyó que el reservorio de concreto armado tiene una resistencia mayor a los esfuerzos transmitidos por las cargas, y el reservorio de ferro-cemento presento una resistencia menor pero que si cumple con las sollicitaciones mínimas requeridas, en cuanto al costo el reservorio de concreto armado es 25% más costoso que el reservorio de Ferro – Cemento para la dimensión establecida.

Palabras claves: Reservorio circular, concreto armado, ferro-cemento comportamiento estructural, costo.

ABSTRACT

The rural population in Peru in a large percentage, without access to a system of drinking water. Therefore, the need of the Peruvian Government to supply water to communities that do not have this system, making water supply projects, investing money and time. In a drinking water system components is one of the reservoir, which in most projects are built Reinforced Concrete and other Ferro-Cement, because it is vital to know which of these two types satisfactorily structural behavior and also which has lower cost to the recommendation in the different projects. The objective of this research is to compare the structural behavior and the cost of a circular reservoir Ferro - Cement and one of Reinforced Concrete. The methodology used was: First, the structural analysis of the reservoirs was carried out using the SAP-2000 and calculated stress and strain. Second, the design of concrete and ferro-cement performed each reservoir. Third, each reservoir schemes relying on calculations already undertaken in the design was performed. Fourth, with the schemes and the finished design, was a cost. Finally, results are compared to see which of these reservoirs is more advisable in rural areas of the province of Jaén. It was concluded that the reservoir of reinforced concrete has increased the forces transmitted by the loads resistance and the reservoir of ferro-cement present less resistance but if you meet the minimum solicitations required, in terms of cost reservoir reinforced concrete is 25% more expensive than the reservoir Ferro - Cement to set dimension.

Key words: circular Reservoir, reinforced concrete, ferro-cement, structural behavior, cost.

CAPITULO I. INTRODUCCION

En el Perú, el 61.70 % de la población rural y 11.40 % de la población urbana aún no cuentan con acceso sostenible a una fuente de agua para consumo humano, no variando mucho estas cifras hoy en día. Por esto, la necesidad del Gobierno Peruano de abastecer con agua a todas las comunidades del País, por ser esta la principal fuente de vida, invirtiendo dinero y tiempo en la generación de este tipo de proyectos. Durante los últimos años el estado peruano ha venido invirtiendo con mayor frecuencia en los servicios básicos, especialmente en las zonas rurales del país a través de los diferentes programas realizados por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento entre otros, cuyo objetivo para el año 2015 las metas de cobertura de agua potable es de 70% de la población rural.

En los diferentes proyectos de ejecución se proyectaron en el sistema de abastecimiento de agua potable diferentes estructuras de acuerdo, a la fuente de agua, la ubicación y topografía de las localidades rurales, entre algunas estructuras se encuentra los reservorios, que en la mayoría de proyectos son de Ferro-Cemento y Concreto Armado. El reservorio es la parte de un sistema de agua potable, la cual tiene como función principal almacenar el agua que viene de la captación o de la planta de tratamiento de agua, para luego distribuirla hacia la población; esta se construye en su mayoría con concreto armado, pero también en zonas rurales de nuestro país hoy en día se utiliza el ferro-cemento.

En la construcción de reservorios con ferro-cemento, según estudios ya realizados concluyen en la mayoría que trabajan estructuralmente bien, además de ser menos costosos que los de concreto armado. Por lo anterior, es que se vio en la necesidad de comparar mediante un análisis teórico, el comportamiento estructural y el costo de un reservorio circular de ferro-

cemento con un reservorio circular de las mismas dimensiones pero de concreto armado, siendo el problema de investigación ¿Cuál es el comportamiento estructural y costo de un reservorio circular de Ferro-cemento comparado con un reservorio circular de concreto armado?

Las necesidades que se aquejan hoy en día en nuestro medio, como escasez del agua, falta de saneamiento rural y urbano, entre otros; generan que las entidades del estado formulen proyectos de inversión pública para satisfacer este tipo de necesidades, en la mayoría de los casos estos proyectos satisfacen las necesidades antes mencionadas pero son económicamente no factibles para el medio en el que estamos. Por eso es que en este proyecto de tesis incentiva la investigación de métodos y técnicas para que los proyectos formulados satisfagan óptimamente las necesidades para las cuales fueron diseñadas, además de ser económicamente factibles, para su posterior ejecución. En este proyecto de tesis es que se necesita investigar el comportamiento estructural y el costo de un reservorio circular de ferro-cemento frente a una de concreto armado, y ver cuál de estos tiene mejor comportamiento estructural y un menor costo en la construcción de tanques de almacenamiento en zonas rurales.

La investigación se realiza enfocándose exclusivamente en datos de las zonas rurales de la Provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, entre los meses de septiembre y octubre del 2014. El análisis se realiza solo será para un reservorio de 20 m³, uno de los reservorios más comunes en el abastecimiento de agua potable en zonas rurales. Los beneficiados con esta investigación son todas las instituciones tanto públicas o privadas que se encargan de realizar estudios de inversión para el abastecimiento de agua potable en las comunidades rurales de la Provincia de Jaén. Por cuanto es vital conocer cuál de estos dos tipos de reservorios cumple satisfactoriamente su comportamiento estructural y además cual tiene menor costo para la recomendación en su uso para los diferentes proyectos que se realizaran y por lo tanto ahorrar tiempo y dinero.

El objetivo de dicha investigación es comparar el comportamiento estructural y el costo de un reservorio circular de Ferro - Cemento con un reservorio circular

de Concreto Armado. Para esto se determina los esfuerzos (Fuerza, Momentos y Cortantes) analizadas en el SAP-2000 versión educacional para cada tipo de reservorio, para su posterior comparación, igualmente una vez realizado el análisis estructural se realiza el diseño para cada tipo de reservorio y así calcular el costo de cada uno de los reservorios planteados.

La hipótesis de esta investigación es demostrar que un reservorio circular de ferro-cemento presenta un comportamiento estructural más eficiente y un costo menor que un reservorio circular de concreto armado. Siendo las variables el comportamiento estructural y el costo. El contenido de esta tesis de investigación consta de:

Aspectos Preliminares

Capítulo I. Introducción

Capítulo II. Marco Teórico

Capítulo III. Materiales y Métodos

Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Referencias Bibliográficas

Anexos

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

2.1.1. Internacionales.

Según Nieto Abad C. O., Andrés Zhañay W. (2011) Cuenca, Ecuador la correcta aplicación de normas establecidas en lo que se refiere a abastecimiento de agua investigadas para la realización de este proyecto nos permite tener dimensiones acorde a la realidad del medio donde se realizara el proyecto, de esta manera se evitan sobredimensionamientos y gastos económicos innecesarios, o peor aún dimensiones menores a las requeridas convirtiéndola en inadecuada y poco funcional para cumplir con las expectativas de la población. Los programas computacionales de cálculo estructural nos permiten tener obtener los resultados en forma rápida, la base del éxito es saber plasmar los modelos a los efectos que suceden en la realidad.

Según López Delgado A. G. y Sánchez Ramírez J. C. (2011) Ecuador, una vez realizado el análisis de costos de las diferentes alternativas para la implementación de una cisterna en pequeñas comunidades se concluye que el tanque de ferro-cemento es la alternativa más adecuada, siendo esta una tecnología apropiada al utilizar materiales de fácil obtención brindando una buena calidad, tras esta conclusión se tomó en cuenta los siguientes aspectos. La cisterna de ferro-cemento a comparación con la cisterna de hormigón tiene un menor costo, el ahorro de este tipo de estructuras se debe sus menores dimensiones, pues el ferro-cemento está constituido por elementos con máximo cinco centímetros de espesor. Dado que en el ferro-cemento el refuerzo tiene una distribución de menor separación y mayor área superficial proporciona un mejor trabajo en conjunto del alambre y el mortero, permitiendo una mayor resistencia a la tracción, evitando la aparición de grietas como es común en estructuras de hormigón armado, pues la impermeabilidad es una característica fundamental en obras de almacenamiento de agua; además el ferro-cemento

tiene la propiedad de tener una mayor flexibilidad. Estructuras de ferro-cemento con un adecuado diseño y construcción pueden dar las mismas ventajas que aquellas estructuras de hormigón armado y a un costo mucho menor.

Según Quishpe Flores L. E., Zamora Zabala F. G. (2011) Cuenca, Ecuador en el diseño del tanque séptico tanto de Ferro-cemento como de hormigón armado basándonos en las normativas ACI 350R-01, ACI 318S-05, y el manual de recomendaciones para Ferro-cemento, determinándose así que en realidad que un tanque séptico de Ferro-cemento es más económico que el de hormigón armado

Según el ingeniero civil Nunes Bonifácio S., (1995), Brasil, El ferro-cemento se presenta como material de Construcción promisor para las empresas de saneamiento, ya que en la ejecución de depósitos de grandes volúmenes sin uso de encofrados la utilización de la tela soldada aliada a tela hexagonal ha permitido rapidez en la construcción, economía en la mano de obra, mejor calidad estética y técnica del producto final, lo que está entusiasmando a todos los constructores. A lo que sepamos, la estación de tratamiento de agua en ferro-cemento para 150 l/s es un proyecto de dimensiones hasta entonces inusitadas. Subrayamos que la costa de la estación de tratamiento de agua por lo general se sitúa a un tercio del costo de unidades similares. Con sus arquitecturas circulares, está permitiendo la estandarización de la construcción de diversas unidades en el Estado de Minas Gerais. Tenemos la primera unidad en operación hace ya diez años sin que presente cualquier ataque a la estructura de ferro-cemento y distribuyendo agua de excelente calidad. Esperamos con esto contribuir en la utilización del ferro-cemento como tecnología apropiada en el tratamiento de agua.

2.1.2. Nacionales.

Según, Pacheco De La Jara, H. (2007), Proyecto SANBASUR-CUSCO, el ferro-cemento es un tipo particular de hormigón armado formado por un mortero de arena y cemento hidráulico, reforzado con una armadura altamente subdividida (telas de mallas de alambres de acero de pequeño diámetro) y distribuida en la masa de mortero, que posee una alta resistencia, compacidad y elasticidad, ello

permite disminuir de forma notable las dimensiones de la sección transversal en los elementos hasta 10-60 mm.

Como resultado de ello el peso propio de las estructuras y el volumen de los materiales pueden reducirse en más de un 50% y el de la armadura hasta un 35% en comparación con las estructuras habituales de concreto armado.

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y Canadian International Development Agency, 2004. Las principales ventajas de esta tecnología son: Bajo costo en comparación con las estructuras de hormigón armado, Se construye sin necesidad del encofrado requerido para el hormigón armado, Se reduce el peso del material por volumen almacenado de agua, Acepta con facilidad reparaciones en su estructura, Posee excelente impermeabilidad y alta durabilidad. En la Figura N° 1 se muestra el análisis comparativo del costo de estructuras de concreto armado y ferro – cemento para diferentes capacidades.

| Descripción | Estructura de concreto | Ferrocemento |
|---------------------------|------------------------|---------------|
| | jul/00 (US\$) | jul/00 (US\$) |
| 1. Reservorio, V = 50 m3 | 9,300.00 | 4,600.00 |
| 2. Reservorio, V = 100 m3 | 16,800.00 | 6,800.00 |
| 3. Reservorio, V = 150 m3 | 22,800.00 | 11,600.00 |
| 4. Reservorio, V = 200 m3 | 34,100.00 | 13,400.00 |

Figura N° 1. Análisis comparativo de costos de estructuras de concreto y de ferro-cemento, tanques de almacenamiento:

Fuente: Nunes Bonifácio S., 1995 Diseño Materiales y Procedimientos Constructivos con Ferro-Cemento para Agua y Saneamiento, Divinópolis/MG, Br. 12p.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ferro-cemento

Según Araos Guzmán O., el Ferro-Cemento es una membrana de bajo grosor, flexible y de elevada resistencia mecánica. Está compuesto por una o varias mallas de acero de bajo espesor levemente desplazadas, de aberturas controladas. Las mallas se recubren con un mortero de hormigón fabricado con arenas finas y altas dosis de cemento. Utiliza en su preparación prácticamente el doble de la cantidad de cemento que un hormigón tradicional.

El Instituto americano del Concreto (ACI) Comité 549, define el ferro-cemento como un tipo de concreto armado de pared delgada reforzada dónde normalmente un cemento hidráulico se refuerza con las capas de malla del diámetro continua y relativamente pequeña. La malla puede hacerse de material metálico u otros materiales convenientes. CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de Ferro - Cemento.

2.2.1.1 Materiales de Ferro-Cemento

Según CEPIS, 2000, Fundamentos para la Aplicación de Ferro -Cemento, los materiales que se necesitan para la generación del ferro-cemento son:

a. Cemento

Que debe cumplir con las especificaciones ASTM C 150-85a, ASTM C 595-85, o una norma equivalente. El cemento debe estar fresco, tener consistencia uniforme y estar libre de materias ajenas. Se debe guardar en condiciones secas. CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de ferro-cemento.

b. Agregado Fino

Es el agregado más común usado en el ferro-cemento. Debe estar limpio, duro, fuerte, libre de las impurezas orgánicas y relativamente libre de limos y arcilla. Debe estar inerte con respecto a otros materiales usados. La arena debe ser graduada con una fineza que pase el 100% del tamiz N° 8. CEPIS-2000, Fundamentos para la aplicación de ferro-cemento. Algunas

recomendaciones deseables para el agregado fino:

Tabla N° 1: Agregado Fino.

| TAMIZ | % PASANTE |
|--------|-----------|
| N° 8 | 80-100 |
| N° 16 | 50-85 |
| N° 30 | 25-60 |
| N° 50 | 10-30 |
| N° 100 | 2-10 |

Fuente: CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de ferro-cemento.

c. Agua

Debe estar fresca y libre de cualquier solución orgánica y dañina para las propiedades del mortero. El agua salada no es aceptable, pero se puede usar agua con cloro. CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de Ferro-Cemento.

d. Mortero

Es la mezcla homogénea compuesta por cemento Portland, arena y agua, pudiendo eventualmente contener aditivos que mejoren sus cualidades. El peso específico de esta mezcla no debe ser menor de 1800 Kg. /cm³. La relación agua/cemento en peso máxima admitida es de 0,40 para arenas de grano redondeado, y 0,50 para arenas de grano anguloso. Para las aplicaciones comunes de ferro-cemento, la relación arena/cemento en peso varía de 1,0 a 3,0. CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de ferro-cemento.

e. Malla de refuerzo

Uno de los componentes esenciales del ferro-cemento es la malla de alambre. Es de diferentes tipos y está disponible en varias presentaciones. Consiste en alambres delgados, tejidos o soldados en una malla, pero el requisito principal es que se debe manejar fácilmente y ser bastante flexible para ser doblada alrededor de las esquinas. La función de la malla de alambre y refuerzo, en un primer momento, es proporcionar la forma y apoyar el mortero en su estado fresco. En el estado endurecido, su función es absorber las tensiones en la estructura que el mortero sólo no sería capaz de resistir y evitar el agrietamiento. CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de ferro- cemento. La conducta mecánica del ferro-cemento es muy dependiente del tipo, cantidad, orientación y propiedades de la malla.

Según CEPIS, 2003, Guía de construcción para estructuras de ferro-cemento, de los tipos de malla a utilizar, la malla de alambre hexagonal, es la más popular, económica y de fácil manejo, se le conoce comúnmente como malla de alambre de gallinero y su diámetro se encuentra entre 0,5 y 1,00 mm. La malla de alambre utilizada en el ferro-cemento por lo general tiene un diámetro de 0,5 - 5 mm y las aberturas varían de 0,5 - 2,5 cm.

f. Acero de Armazón.

Está formado por barras lisas o corrugadas que forman el esqueleto o armazón de la estructura de pequeño diámetro. El diámetro de las barras y alambres complementarios no debe ser mayor que $\frac{1}{4}$ del espesor de la pieza de ferro- cemento, ni mayor de 10,00mm. Tampoco debe ocupar, en conjunto, más de la mitad del espesor del elemento. CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de ferro-cemento.

2.2.1.2 Propiedades del Ferro-Cemento

a. Mortero

Resistencia Mecánica:

Según Masó Solés, J., 2004, Diseño, cálculo y ejecución de tanques de ferrocemento, la resistencia mecánica del mortero depende fundamentalmente de la relación agua/cemento, la proporción arena/cemento y de las propiedades de la arena: granulometría, forma, resistencia, etc. La gran influencia de la relación agua/cemento se debe al hecho de que determina la porosidad de la pasta de cemento endurecido: a menor porosidad mayor resistencia de la pasta y por consiguiente, del mortero.

Según CEPIS, 2003, Guía de construcción para estructuras de ferrocemento, el mortero tiene las siguientes relaciones:

Relación en peso de: agregado/cemento: 1,5 a 2; es decir, debe emplearse una proporción en peso equivalente a una parte de cemento por 1,5 a dos partes de arena.

Relación en peso de: agua/cemento (a/c): 0,35 a 0,5; puede optarse por: 0,4 si la arena es bien graduada, y se vibra.

0,5 si se coloca a mano y la arena es angulosa.

Según la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real - Ingeniería Rural de España, para una relación de cemento/arena de 1:2, la resistencia del mortero a la compresión será de 160,00 kg/cm².

$$f'_{c_m} = 160\text{kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots 1$$

Módulo de Elasticidad:

Según Jordi Masó Solés, menciona que para el caso del mortero, a falta de otras indicaciones especialmente elaboradas, se puede tomar como referencia la recomendación de la norma rusa para ferrocemento que permite estimar un módulo de deformación del mortero igual a 0,80*(módulo determinado para un hormigón de la misma resistencia), es decir:

$$E_{c_m} = 0,80 * E_c \quad \dots\dots\dots 2$$

$$E_{c_m} = 15000 * \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots\dots 3$$

Donde:

E_{c_m} : Módulo de elasticidad mortero (kg/cm²)

E_c : Módulo de elasticidad concreto armado (kg/cm²).

f'_c : Resistencia del mortero igual al concreto armado (kg/cm²)

Módulo de Poisson:

Según UPCOMMONS, 2011, Universidad Peruanas de Ciencias Aplicadas, Investigación y Tecnología, el valor de poisson del mortero se puede considerar hasta 0.2.

$$\mu = 0,2 \quad \dots\dots\dots 4$$

Peso Específico:

Según el CEPIS, 2003, Guía de construcción para estructuras de ferrocemento, la densidad del mortero que debe tomarse para el cálculo depende de la cantidad de acero de armadura utilizada, por ejemplo: (Cuando las celdas de las mallas son pequeñas).

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3 \quad \dots\dots\dots 5$$

b. Malla de Acero:

Resistencia y Módulo de Elasticidad:

Para su determinación, se adoptarán los siguientes criterios:

Los valores mínimos de resistencia a la fluencia y módulo efectivo de mallas no deben ser menores que los especificados en la tabla 2.

Tabla N° 2. Valores mínimos de resistencia a la fluencia y módulos efectivos para mallas y barras de acero

| CARACTERÍSTICAS | | MALLA | | | | BARRAS LONGITUDINALES |
|---------------------------|--|----------|---------|-----------|-----------------|-----------------------|
| | | CUADRADA | | HEXAGONAL | METAL EXPANDIDO | |
| | | TEJIDA | SOLDADA | | | |
| RESISTENCIA A LA FLUENCIA | Fy(Kg/cm ²) | 4550 | 4550 | 3150 | 3150 | 4200 |
| MÓDULO DE LA ELASTICIDAD | E(10 ³ Kg/cm ²) | 1400 | 2030 | 1050 | 1400 | 2030 |

Fuente: CEPIS, 2003 (ACI 549.1R-93).

Según Cabrera Huamán W. DIAZ FERNANDEZ N. (2006) Proceso Constructivo con Ferro-cemento, Universidad Nacional de Cajamarca, EPILAS, la resistencia de diseño para el refuerzo de la malla, se debe basar sobre la resistencia en el punto de fluencia f_y del refuerzo, pero no debe exceder de 7000 kg/cm².

Por tanto el módulo de fluencia ultimo y de diseño a considerar para la malla de gallinero es.

$$f_{y\mu} = 7000 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots 6$$

$$f_y = 3150 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots 7$$

Donde:

$f_{y\mu}$ = Modulo de fluencia ultimo.

f_y = Modulo de fluencia.

También el módulo de elasticidad para la malla de gallinero es.

$$E_{MG} = 1050 * 10^3 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots 8$$

Donde:

E_{MG} = Módulo de elasticidad para la malla de gallinero.

Módulo de Poisson:

Según Maldonado, A., 2005, Ingeniero Civil en su tesis: "Muros de Contención de Ferro-cemento", publicada el 2005 en la Universidad Austral de Chile, menciona que la malla de gallinero se forma por el trenzamiento de alambres de acero galvanizados que generalmente se entreteje en patrones hexagonales. El Ingeniero Carlos Esparza en su libro Resistencia de Materiales I-2000, dice que el módulo de Poisson del acero varía entre:

$$\mu = 0,25 - 0,30 \quad \dots\dots\dots 9$$

Tomándose así el valor mínimo de esta referencia para nuestra malla.

$$\mu_{MG} = 0,25 \quad \dots\dots\dots 10$$

Peso Específico:

Según la Norma E-020-2006, el peso específico del acero es de $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$ y como la malla está hecha de este material, se considerará este valor para la malla de gallinero.

$$\gamma_{MG} = 7850 \text{ kg/m}^3 \quad \dots\dots\dots 11$$

Donde:

γ_{MG} = Peso Específico de la Malla de Gallinero.

2.2.2. Concreto Armado:

Según Harmsen, 2005, el concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena gruesa. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellos. El concreto armado o reforzado, es el Concreto reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, pre-esforzado o no. Norma E-060,2006.

2.2.2.1 Materiales de Concreto:

En su libro Harmsen, 2005, dice que los materiales del concreto son:

a. Cemento:

El cemento debe cumplir con los requisitos de las NTP correspondientes. Norma E-060-2006.

b. Agregado Fino o Arena:

Tanto el agregado fino como el grueso, constituye los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua. El agregado fino debe ser durable, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un tamaño menor a $\frac{1}{4}$ " y su gradación deben cumplir con los requisitos propuestos en la norma ASTM-C33-99a, los cuales se muestran en la siguiente tabla. Harmsen, 2005.

Tabla N° 3. Requisitos Granulométricos del agregado fino.

| REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS QUE DEBEN SER SATISFECHOS POR EL AGREGADO | |
|--|-------------------|
| TAMIZ ESTÁNDAR | QUE PASA EL TAMIZ |
| 3/8" | 100 |
| #4 | 95 A 100 |
| #8 | 80 A 100 |
| #16 | 50 A 85 |
| #30 | 25 A 60 |
| #50 | 5 A 30 |
| #100 | 0 A 10 |

Fuente: Harmsen, 2005, Diseño de Estructuras de Concreto Armado, Pág. 12

c. Agregado Grueso o Piedra:

Según Harmsen, 2005 el agregado grueso está constituido por rocas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de

los ríos o yacimientos naturales. Al igual que el agregado fino, no deben contener más de un 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc.

2.2.2.2 Propiedades del concreto armado:

a. Resistencia Mecánica: Resistencia a la Compresión:

Este ensayo es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6" (15 cm) de diámetro y 12" (30 cm) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo este periodo puede alterarse si se especifica. Durante la prueba, el cilindro es cargado a un ritmo de 2.45 kg/cm²/seg. La resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. (Harmsen-2005). Para esta tesis se trabajara con una resistencia de 210 kg/cm².

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots 12$$

b. Resistencia a la Tracción:

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de ésta. Harmsen, 2005.

$$f'_t = (8 - 15\%) * 210 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots 13$$

c. Resistencia al Corte.

El esfuerzo cortante es una sollicitación que se presenta individualmente en casos muy excepcionales y la mayor de las veces actúa en combinación con esfuerzos normales. La resistencia al corte es difícil de evaluar pues no se puede aislar este esfuerzo de la tensión diagonal. Harmsen, 2005.

d. Módulo de Elasticidad:

Según Harmsen, 2005, el ACI establece que la expresión (3) se puede utilizar para calcular el módulo de elasticidad de concretos:

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots\dots 14$$

Donde:

Ec: Modulo de elasticidad concreto armado (kg/cm²).

f'c: Resistencia del mortero igual al concreto armado (kg/cm²).

e. Módulo de Poisson:

El valor de este parámetro para el concreto oscila entre 0.15-0.20. Harmsen, 2005. Para está investigación se considerara:

$$\mu = 0,20 \quad \dots\dots\dots 15$$

f. Peso Específico:

Según la Norma E-020, 2006, el peso específico del concreto armado es de $\gamma=2400\text{Kg/cm}^3$.Para este informe se considerara:

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3 \quad \dots\dots\dots 16$$

2.2.3. Reservorio.

Según SEDACUZCO, 2012, son instalaciones que acopian el agua proveniente directamente de las plantas de tratamiento o de las captaciones según sea el caso; almacenándola para después distribuirla entre la población.

2.2.3.1 Tipos

Se dividen en: Según el tipo de material:

a. Concreto Armado: Reservorios hechos de concreto armado.

b. Ferro - Cemento: Reservorios con mortero y malla de gallinero.

2.2.3.2 Dimensiones del Reservoirio

Para el dimensionamiento del reservorio se tuvo en cuenta la capacidad del reservorio, además de algunas restricciones para el buen funcionamiento de este. Para ser más sencillo el procedimiento se realizó una hoja Excel.

a. Altura (h) y Diámetro del Reservoirio (d):

Se considerara dependiendo a la capacidad del reservorio y a la siguiente restricción: CEPIS, 2004, Guía para el Diseño y Construcción de Reservorios Apoyados.

$$0.5 \leq h/d \leq 3 \quad \dots\dots\dots 17$$

b. Radio de la Cúpula:

Está en función al diámetro del reservorio.

c. Flecha de la Cúpula (f): Esta sale en función del radio de la cúpula además de la siguiente restricción: según Vergara A. 2011, diseño reservorio - Castro Virreyña.

$$\frac{1}{10} \leq f/d \leq \frac{2}{10} \quad \dots\dots\dots 18$$

d. Angulo Radial Cúpula: Aplicando una formula sencilla de trigonometría sale el ángulo radial de la cúpula.

2.2.4. Diseño Estructural

Para este proyecto de tesis, todos los cálculos y diseños se harán con el SAP 2000 versión educacional, sólo para la comprobación de los resultados se utilizara el libro Circular Concrete Tanks.

Portland Cement Association, 1993, Without Prestressing, libro en el cual nos da a conocer las bases teóricas de diseño de reservorios apoyados.

Además de este libro, ahí otra guía práctica que lo da el CEPIS, 2003, Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados, el cual las fórmulas que se muestran en esta guía mencionada anteriormente, se basan en investigaciones que se presentan en el libro, Circular Concrete Tanks Without Prestressing, y que solo son para el concreto armado; con respecto al ferro-cemento las fórmulas que se muestran en esta guía se basan en otras investigaciones.

2.2.5. Inversión:

2.2.5.1 Costos y Presupuestos.

Según Salinas Seminario M., 2007, menciona que los costos y presupuestos son dos términos estrechamente relacionados dado que no puede haber presupuesto sin costos y un costo por sí solo, si el costo es aplicado a una cantidad o metrados, de determinada unidad, constituye ya un presupuesto. Para el caso de una obra se puede plantear el siguiente esquema:

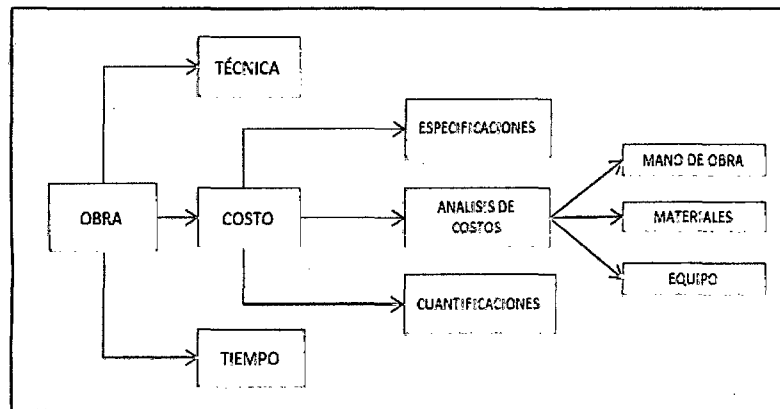


Figura N°2. Cuadro de Costos de una Obra.

Fuente: Salinas Seminario M., 2007 costos y presupuestos, ICG.

a. Tipo de Costos:

Costos directos:

Conformado por la Mano de Obra, Materiales y Equipo y Herramientas.

2.2.6. SAP-2000 Versión Educacional:

Para la realización de esta tesis se apoyó en el software SAP-2000 versión educacional para el análisis estructural y resultados a darse en esta tesis. Teniéndose así las siguientes consideraciones para el análisis en el programa:

2.2.6.1 Cargas Consideradas:

a. Carga Muerta:

Según la norma E-020-2006, la carga muerta es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes.

b. Carga Viva:

Según la norma E-020, 2006, es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación. Para techos curvos, la norma E-020, 2006, dice que se considerará la carga viva de 50 kg/m² en el caso del concreto armado, pero para el ferro-cemento dice que se considerará 30 kg/m².

c. Empuje de Agua:

Es la fuerza generada por la presión hidrostática del agua, que posteriormente veremos cómo se genera y su generación en el programa.

d. Carga Sísmica:

Fuerza generada por un evento sísmico, se considerará un efecto sísmico generado por un espectro de aceleración (Fig. 2), teniendo en cuenta las consideraciones que la norma E-030, 2006 establece.

Factor de Zona (Z): Cajamarca $Z=0.4$

Factor de Suelo (S): Suelo Flexible $S=1,4$

Periodo Plataforma (TpS): Suelo Flexible $TPs =0,9$.

Factor de Uso (U): Edificación Esencial $U=1,5$

Según el Acero M., 2005, XV congreso de Ingeniería Civil hecho en Ayacucho en su ponencia: Análisis Dinámico de reservorios superficiales, circulares y rectangulares, considera que el sistema estructural para un reservorio con base fija es de:

SISTEMA ESTRUCTURAL (R): Tanque de Base Empotrada Fija.

$$R = 2,75$$

Para este proyecto de tesis se considerará este valor por ser referenciado de un ingeniero con amplia experiencia. Este espectro se adjunta en el archivo Espectro-Reservorio

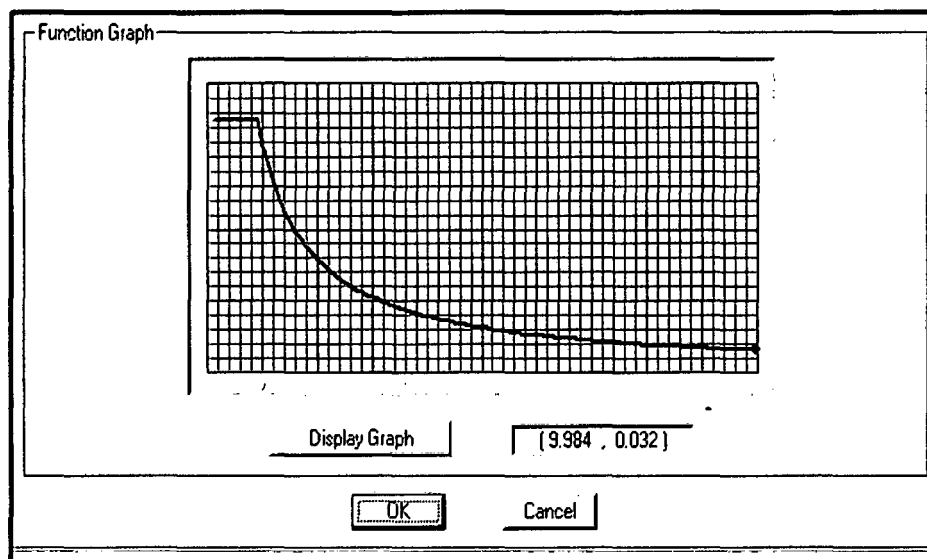


Figura N°3. Espectro de Aceleración

e. Combinaciones de Carga:

Según la norma E-060, 2006, las combinaciones a considerar son:

$$U1 = 1,4CM + 1,7CV \quad \dots\dots\dots 19$$

$$U2 = 1,25(CM + 1CV) \mp CS \quad \dots\dots\dots 20$$

$$U3 = 0,9CM \mp 1,25CS \quad \dots\dots\dots 21$$

$$U4 = 1,4CM + 1,7CV + 1,7CL \quad \dots\dots\dots 22$$

También según Ottazzi, 2003 se considera una combinación más, de estado límite de servicio que a reservorios destinados a contener agua, este estado controlará el ancho de fisuras y grietas evitando así un deterioro progresivo de las estructuras.

$$U5 = CM + CV + CL \quad \dots\dots\dots 23$$

Donde:

CM: carga muerta.

CV: carga viva.

CS: carga de sismo.

CL: presión hidrostática.

La norma no considera que se mezclen cargas como sismo y empuje de agua, sin embargo para esta tesis se considerara ya que es importante ver el comportamiento al máximo de la estructura, por esto se considerara una combinación ultima, en donde se combinan todas las combinaciones antes mencionadas (19, 20, 21, 22,23), en forma envolvente.

$$UT = env(U1, U2, U3, U4, U5) \quad \dots\dots\dots 24$$

f. Presión Hidrostática

Según Quiroz Torres G., Magister en Ciencias de Ingeniería Estructural de la Universidad Nacional de Ingeniería, actualmente Jefe de Centro de cómputo de centro de investigaciones sísmicas y desastres (CISMID), en su libro Análisis y Diseño de estructuras con el SAP-2000, considera que la presión en un reservorio se genera en 3 coordenadas globales (x, y, z).

$$P = Ax + By + Cz + D \quad \dots\dots\dots 25$$

Dónde:

P: Fuerza

A, B, C Y D: Constantes

X: Distancia en x

Y: Distancia en y

Z: Distancia en z (Altura agua llena: h_{AL})

Al observar la presión del agua en las paredes del reservorio, note que esta no depende de las coordenadas x e y, por lo cual las constantes A y B son iguales a 0; por tanto, la expresión de la presión se reduce a:

$$P = Cz + D \quad \dots\dots\dots 26$$

Además como la presión del agua es de forma triangular, la fuerza P será:

$$P = \gamma * h_{AL} \quad \dots\dots\dots 27$$

$$\gamma = 1 \text{ Tn}/m^3 \quad \dots\dots\dots 28$$

Se deduce que:

$$P = h_{AL} , \text{ cuando } z = 0$$

Obteniéndose la fórmula:

$$h_{AL} = Cz + D \quad \dots\dots\dots 29$$

2.2.7. Comprobación Teórica.

Para la comprobación de los resultados con los resultados que me da el análisis del SAP-2000 versión educacional, se tendrá el procedimiento de cálculo del libro Circular Concrete Tanks Without Prestressing que se encuentra en la página 7 de este libro, como se explicó en el marco teórico, las tablas que se utiliza en el diseño de reservorio se adjuntan en los anexos de esta investigación.

Sin más pasamos a la explicación de la comprobación. Calculamos el coeficiente C, que es un componente que está en función de las dimensiones del reservorio.

$$C = \frac{H_{agua}^2}{\phi t} \quad \dots\dots\dots 30$$

Donde:

Hagua =Altura de agua de reservorio.

Ø=Diámetro del reservorio.

t: Espesor del reservorio.

Luego calculamos el momento vertical, por la fórmula que se da en este libro como se muestra a continuación

$$M = C * \gamma_{agua} * H_{agua}^3 \quad \dots\dots\dots 31$$

Donde

M: Momento vertical en Lb-ft/ft.

γ: Peso específico del agua en lb/ft³.

H: Altura del agua del reservorio.

El cálculo a realizar se hará con el sistema inglés, ya que el libro a utilizar se encuentra con estas unidades, también los resultados del SAP-2000 versión educacional se mostrarán en este sistema para así dar resultados exactos y no perder decimales a realizar las conversiones respectivas.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

3.1.1 Ubicación Geográfica

Este proyecto de investigación se realizó exclusivamente en los distritos de la Provincia de Jaén Departamento de Cajamarca, específicamente en las zonas rurales de esta provincia.

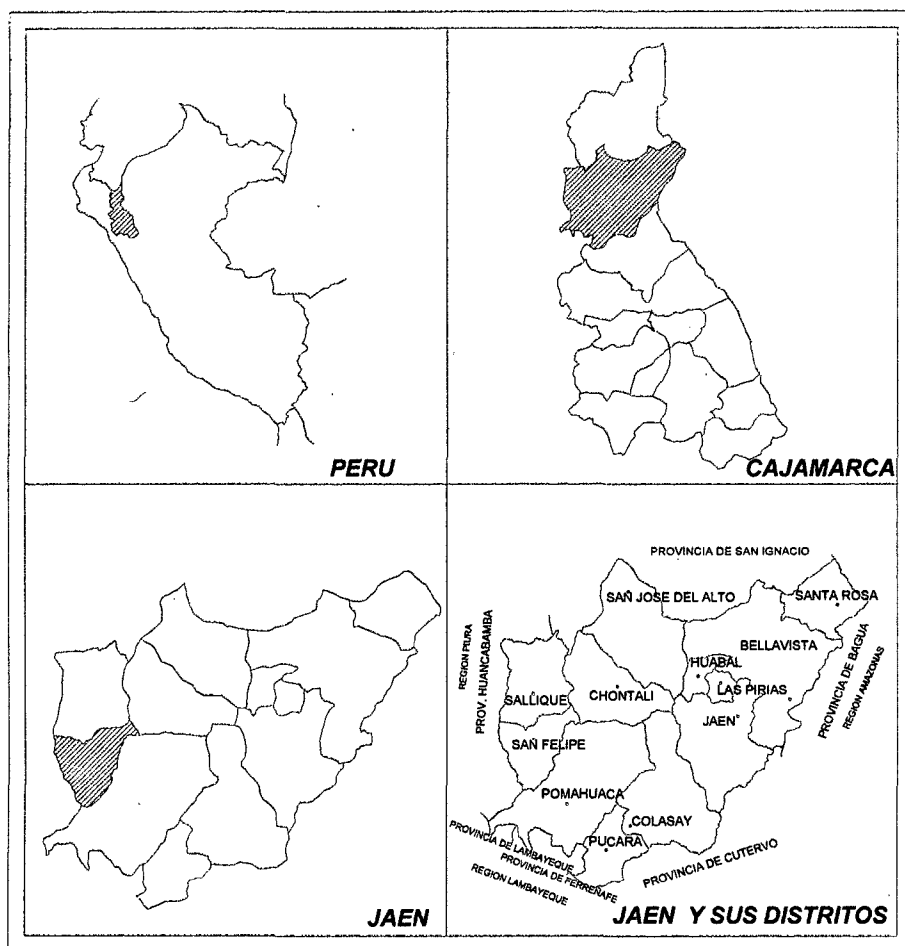


Figura N°4. Ubicación geográfica del proyecto de estudio

Fuente: Elaborada por el propio tesista

La provincia de Jaén cuenta con dos zonas que enmarcan su territorio; zona urbana y zonas rurales en la cual se está enfocando este proyecto de tesis exclusivamente en todas las zonas rurales de esta provincia.

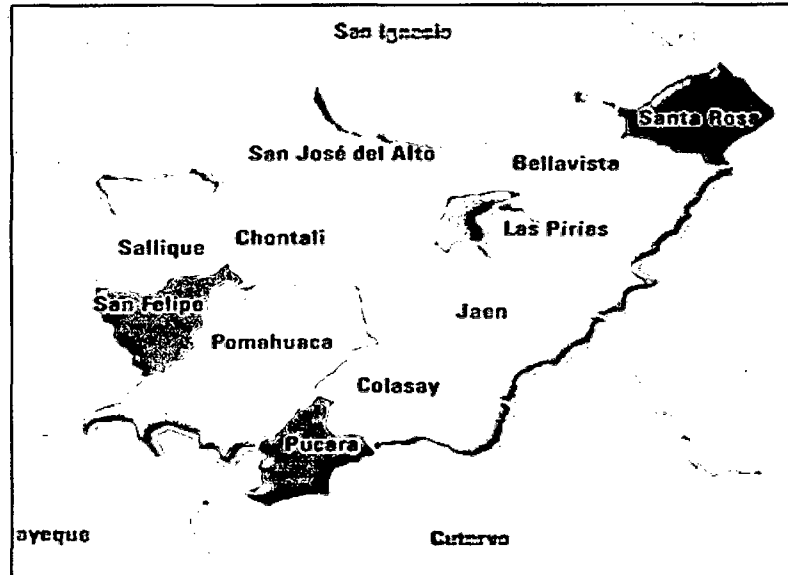


Figura N°5. Ubicación geográfica del proyecto de estudio

3.1.2 Acceso a la zona del proyecto

El acceso a las zonas rurales de la provincia de Jaén, contempla la partida desde la misma ciudad de Jaén, en un promedio de 2.5 h a cada distrito.

3.2 Tiempo o época.

El presente proyecto de tesis se realizó entre los meses de Julio y Noviembre del Año 2014.

3.3 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos que se usaron en la investigación son los siguientes:

- ✓ Software SAP 2000 V15
- ✓ Papel bond.
- ✓ Laptop Toshiba CORE i5

3.4 Diseño Metodológico.

3.4.1 Procedimiento

Primero, se consideró el análisis estructural para el reservorio considerado utilizando el SAP-2000 versión educacional, calculándose así esfuerzos y deformaciones para cada uno de ellos, teniendo en cuenta las propiedades que dependen fundamentalmente del material a utilizar y las dimensiones ya establecidas.

Segundo, se realizó el diseño de concreto y ferro-cemento de cada reservorio también utilizando el programa SAP-2000 versión educacional y el programa Excel, considerando las normativa vigente.

Tercero, se realizó los esquemas de cada reservorio apoyándose en los cálculos ya realizados en el diseño.

Cuarto, con los esquemas y el diseño terminado, se hizo el presupuesto para cada reservorio, teniendo en cuenta el análisis de costo unitario, metrados, etc.

Finalmente, se realizó un cuadro de ponderación para los 2 tipos de reservorio (Concreto Armado y Ferro-cemento), para ver cuál de estos reservorios es más eficiente en la construcción para zonas rurales en de Jaén.

La metodología que se realizó para esta tesis se dividió en dos partes:

- ✓ Análisis Estructural.
- ✓ Análisis de Costo Directo.

Este análisis se realizó en forma cuantitativo por lo que los resultados se presentan en forma numérica.

3.4.2 Análisis Estructural:

Como se dijo anteriormente, el análisis y diseño estructural se apoyó en el programa SAP-2000 v15. Según Quiroz Torres G., 2012, SAP-2000, el sap-2000 es una herramienta que el ingeniero utiliza para llevar a cabo un análisis estructural de cualquier tipo de estructuras, pudiendo ser esta tan simple como una viga hasta una estructura más compleja como una presa. Una de las ventajas de este programa es la capacidad de realizar cambios de acuerdo a las necesidades del proyectista, analizando estructuras con cálculos más exactos en un tiempo más pequeño.

El trabajo se realizó para reservorios circulares de 20 m³, para cada uno de los materiales planteados, primero de concreto armado y segundo para ferrocemento. En el análisis la unidad patrón a considerar es: (Tnf-m-C); sólo para la comprobación se utilizara las unidades del sistema inglés (Lb, ft, F) como ya se habló anteriormente.

3.4.2.1 RESERVORIO DE 20 M³:

a) Aspectos Generales:

1. Dimensiones del Reservoirio:

Para esto se utilizara la hoja de Excel adjunta en la página 84, 85 de los Anexos, siguiendo los patrones anteriores mencionados en las ecuaciones de la página 17.

Tabla N°4. Dimensiones Reservoirio 20m³

| PARAMETROS | Valor |
|----------------------|----------------------|
| RELACION (D/H) | 1 |
| VOLUMEN (V) | 20,00 m ³ |
| ALTURA (H) | 2,94 m |
| DIAMETRO (D) | 2,94 m |
| Altura considerada | 3,00m |
| Diámetro considerado | 2,90m |
| Volumen Neto | 19,82 |

En la Tabla N°4 se muestra los resultados que se obtuvieron de la hoja de cálculo mostrada en la página 83, 84 y 85 de los Anexos, considerando los parámetros establecidos en la página 17.

Tabla N°5. Dimensiones de la Cúpula - 20 m³

| PARAMETROS | Valor |
|------------------|----------|
| RELACION (D/H) | 0,2 |
| Flecha (f) | 0,58 |
| Flecha considera | 0,40 |
| RADIO (R) | 2,828 m |
| Angulo en Rad. | 0,538rad |
| Ángulo ° | 30,844 ° |

En la Tabla N°5 se muestra los resultados que se obtuvieron de la hoja de cálculo mostrada en la página 84, 85 de los Anexos, considerando los parámetros establecidos en las ecuaciones 17 y 18.

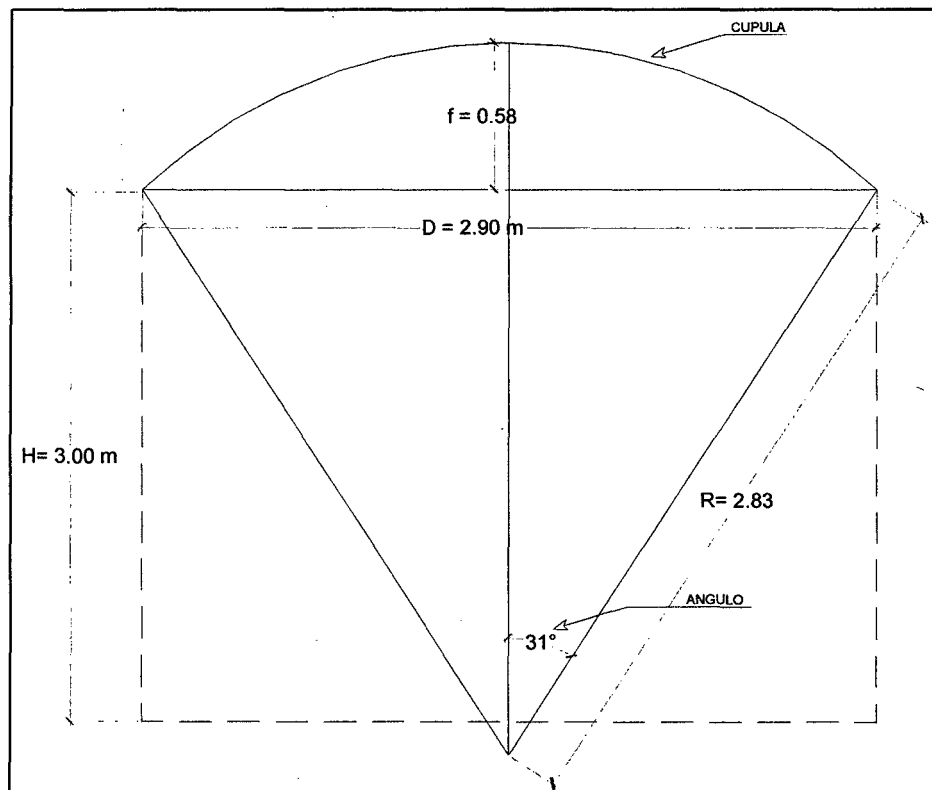


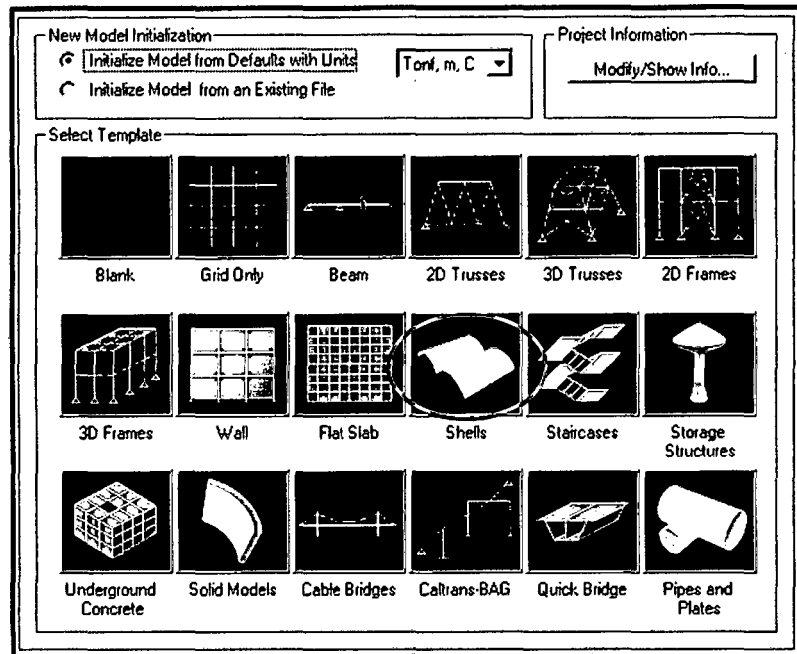
Figura N° 5.1 Parámetros en reservorios circulares

Fuente: realizado por el tesista.

2. Creación del Modelo:

Se crea el modelo en la opción Shell como muestra la figura 6.

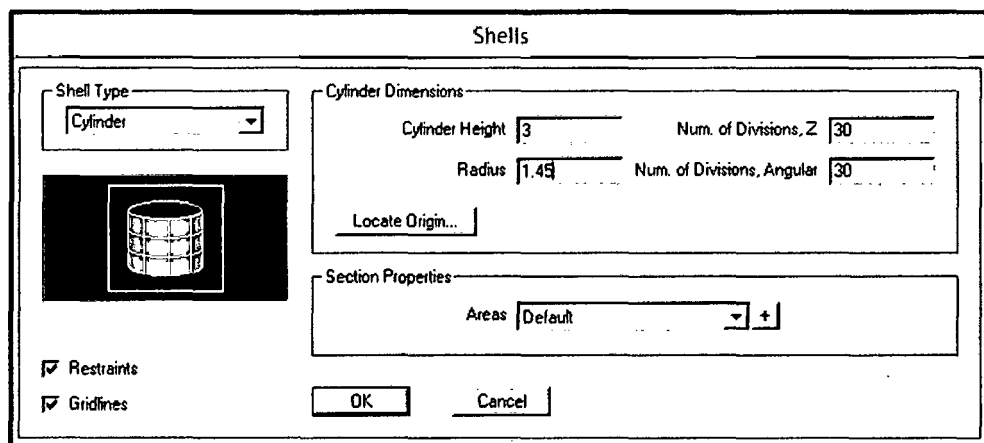
Figura N°6. Creación en modelo en el SAP2000



3. Ingreso de Dimensiones al SAP2000:

Se ingresa las dimensiones calculadas y mostradas en la figura (4) como muestra la figura 7.

Figura N°7. Ingreso de Dimensiones



Se hace notar en la figura el número de divisiones consideradas en el análisis es de 30 para z como para el giro radial.

4. Ingreso de la cúpula:

La cúpula agregar debe de cumplir con la ecuación 17 y las dimensiones de la figura N° 5. (Figura N° 8)

Figura N°8. Ingreso de Dimensiones de cúpula

The screenshot shows the 'Shells' dialog box with the following details:

- Shell Type:** Spherical Dome
- Spherical Dome Dimensions:**
 - Radius, R: 2.828125
 - Roll Down Angle, T: 30.844
 - Num. of Divisions, Angular: 30
 - Num. of Divisions, Z: 30
- Section Properties:** Areas: ASECI
- Options:** Restraints, Gridlines

5. Ingreso de Grupos:

Se considerara 2 grupos, uno que pertenece al muro del reservorio (NHIDRO), y otra que viene hacer la cubierta se lo considerara como domo (NCUPULA). (Figura N°9).

Figura N°9. Definición de Grupos

The screenshot shows the 'Assign/Define Group Names' dialog box with the following details:

- Groups:** ALL, NCUPULA, NHIDRO
- Click to:** Add New Group..., Modify/Show Group..., Modify Multiple Groups..., Delete Group
- Options:** Add to Group, Replace Group, Delete From Group

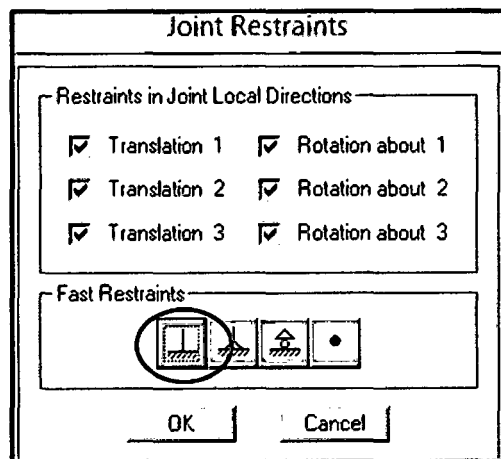
6. Asignación de grupos:

Se asignará al grupo muro el NHIDRO y posteriormente el de la cúpula el NCUPULA.

7. Asignación de condiciones de apoyo:

Se asignará el tipo de apoyo a la estructura, en este tema de investigación se considerará empotrado.

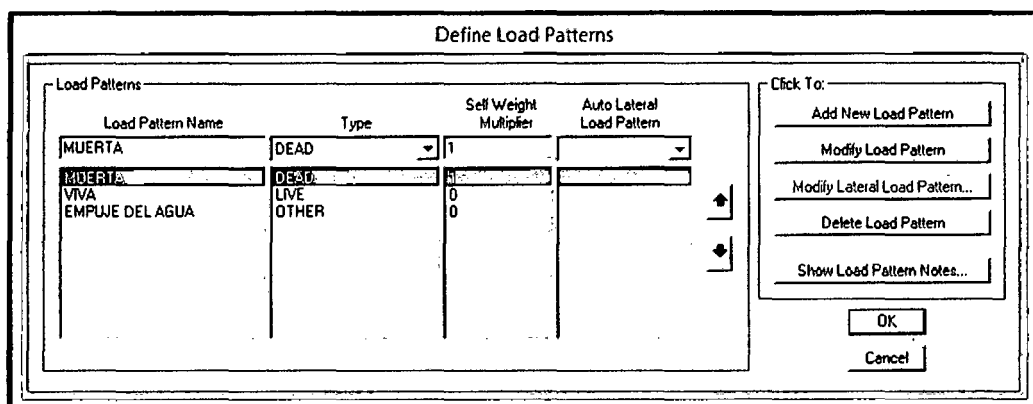
Figura N°10. Asignación del tipo de Apoyo



8. Creación de Cargas:

Según lo dicho en el marco teórico tendremos 4 tipos de cargas, en este ítem se crearan tres de ellas las cuales son carga muerta, viva y empuje del agua. Posteriormente se generará la carga sísmica. (Figura N°11)

Figura N°11. Definición de las Cargas.



9. Generación del Espectro de Aceleración:

Se genera el espectro de aceleración en el SAP-2000, con el espectro generado (Figura N°12).

Figura N°12. Generación de Espectro

The screenshot shows the 'Load Case' dialog box in SAP-2000. The 'Load Case Name' is 'SISMO'. The 'Load Case Type' is 'Response Spectrum'. The 'Modal Combination' section has 'CQC' selected, with 'GMC f1' set to 1 and 'GMC f2' set to 0. The 'Periodic + Rigid Type' is 'SRSS'. The 'Directional Combination' section has 'SRSS' selected. The 'Modal Load Case' is 'MODAL'. The 'Loads Applied' table is as follows:

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|-----------|-----------|-------------|--------------|
| Accel | U1 | SISMO-RES | 9.81 |
| Accel | U1 | SISMO-RESER | 9.81 |
| Accel | U2 | SISMO-RESER | 9.81 |

The 'Other Parameters' section shows 'Modal Damping' set to 'Constant at 0.05'. The dialog includes 'OK' and 'Cancel' buttons.

10. Creación Combinaciones de Carga:

Según lo establecido en el marco teórico se generaran 6 tipos de combinaciones, las cuales se combinaran en una sola mediante una envolvente (UT). (Figura N°13)

Figura N°13. Combinaciones de Carga

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor | |
|----------------|----------------|--------------|--------|
| U6 | Combination | 1. | |
| U1 | Combination | 1. | Add |
| U2A | Combination | 1. | |
| U2B | Combination | 1. | Modify |
| U3A | Combination | 1. | |
| U3B | Combination | 1. | Delete |
| U4 | Combination | 1. | |
| U5 | Combination | 1. | |
| U6 | Combination | 1. | |

11. Generación del Empuje del Agua:

Como la altura del reservorio es de 3 metros, se considerará la altura de agua llena (h_{AL}) de 2,60 metros. Para calcular los parámetros C y D utilizaremos las ecuaciones (25) y (26).

De la ecuación 26, deducimos que $P = h_{AL} = 2,60$

Cuando:

$Z=0$, $P=2,60$, la ecuación (26) queda:

$$2,6 = C(0) + D$$

$$D = 2,6$$

Z=2.60, P=0, la ecuación (26) queda:

$$C(2,6) + D = 0$$

$$C(2,6) + 2,6 = 0$$

$$C = -1$$

Luego definimos el patrón de carga de agua. (Figura N° 14)

Figura N° 14. Ingreso del Patrón de Cargas

The image shows a software dialog box titled "Patterns". On the left, there is a list of patterns. The first item is "PHIDRO", the second is "Default", and the third is "PHIDRO" with a small icon to its left. On the right, under the heading "Click to:", there are three buttons: "Add New Pattern Name", "Change Pattern Name", and "Delete Pattern". At the bottom of the dialog box are two buttons: "OK" and "Cancel".

Posteriormente se ingresó los valores ya calculados (Figura N° 15)

Figura N° 15. Ingreso de Valores de presión de Agua

Pattern Data

Pattern Name PHIDRO

Pattern Assignment Type

X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)

Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

Pattern Value = Ax + By + Cz + D

Constant A 0.

Constant B 0.

Constant C -1.

Constant D 2.6

Restrictions

Use all values

Zero Negative values

Zero Positive values

Options

Add to existing values

Replace existing values

Delete existing values

OK Cancel

12. Aplicación de la carga viva:

En el párrafo que habla sobre aplicación de cargas, se dijo que para techos curvos se considerará una sobrecarga dependiendo el tipo de material que este tenga. Entonces que actuara en la cúpula es:

Para reservorios circulares de Concreto Armado, la carga viva a considerar es de 50 Kg/m².

Para reservorios circulares de Ferro - Cemento, la carga viva a considerar es de 30 Kg/m².

b) Concreto Armado:

1. Espesor del Reservorio:

Para el concreto armado el espesor según Harmsen Teodoro, E., 2004, Estructuras de Concreto Armado, Tercera Edición.

Para el trabajo consideraremos de 20 cm. para los muros y 8 cm. para la cúpula.

$$E \geq 20\text{cm}$$

2. Definición de material:

Se definirá los materiales, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el marco teórico.

Figura N° 16. Definición de materiales

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: CONCRETO f'c= 210 Kg/cm2

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.4

Mass per Unit Volume: 0.2447

Units: Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2100000

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 875000

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2100

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: _____

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

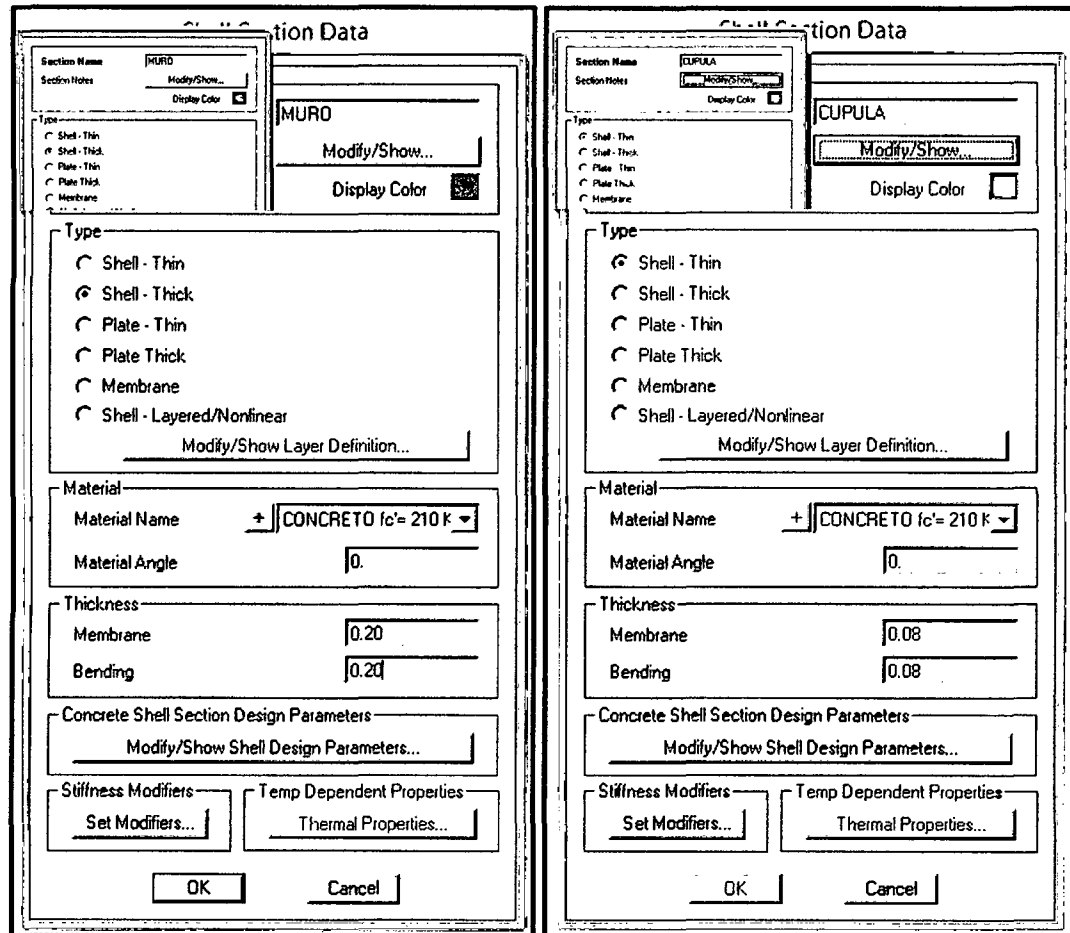
3. Definición de Secciones:

Muro: Figura N° 17

Cúpula: Figura N° 18

Figura N° 17. Propiedades Muro

Figura N° 18. Propiedades Cúpula



4. Asignación de Secciones:

Se asigna a cada grupo las propiedades antes planteadas.

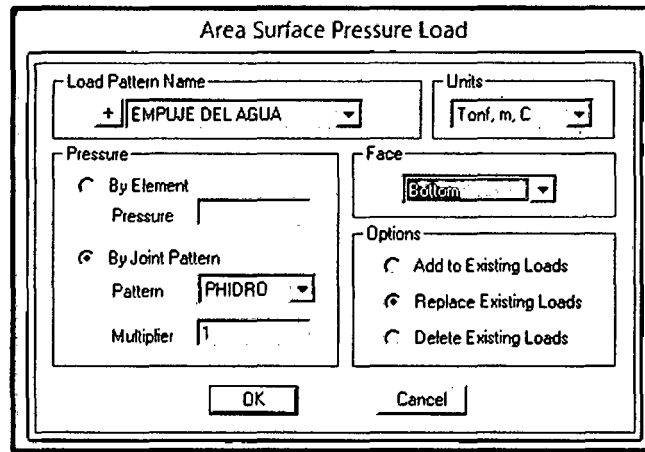
PROPIEDAD GRUPO

Para el Muro: NMURO

Para la Cúpula: NCÚPULA

5. Generación del Empuje de Agua:

Figura N° 19. Empuje del Agua



c) Ferro-Cemento:

1. Espesor del Reservorio:

Según el CEPIS, 2000, Fundamentos para la aplicación de ferro-cemento; el espesor con material de ferro-cemento varia de 2-9 cm. Para este informe se considerara de 8 cm, ya que el espesor mínimo del techo es de 5 cm.

$$e_{\text{pared}} = 8,00 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots 32$$

Para la cúpula según la revista hecha por el CEPIS, 2003, Guía para el diseño y la construcción de reservorios apoyados, Espesor del techo dice:

$$e_{\text{techo}} = 1,745 D \quad \dots\dots\dots 33$$

$$e_{\text{techo}} \geq 1,745 D * 2,90 \quad \dots\dots\dots 34$$

$$e_{\text{techo}} \geq 5,00 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots 35$$

2. Definición de material:

Se definirá los materiales, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el marco teórico.

2.1 Mortero

Figura N° 20. Definición de materiales - Mortero

The image shows a software dialog box for defining material properties. The dialog is titled "General Data" and contains several sections:

- General Data:**
 - Material Name and Display Color: MORTERO F'c=160 kg/cm2
 - Material Type: Concrete
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:**
 - Weight per Unit Volume: 2.3
 - Mass per Unit Volume: 0.2345
- Units:**
 - Unit: Tonf. m. C
- Isotropic Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 1517893.3
 - Poisson's Ratio, U: 0.2
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06
 - Shear Modulus, G: 632455.5
- Other Properties for Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 1600
 - Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduction Factor: [Empty field]
- Switch To Advanced Property Display:**

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

2.2 Malla de Gallinero:

Figura N° 21. Definición de materiales – Malla de Gallinero

Material Property Data

| | |
|--|----------------------|
| General Data | |
| Material Name and Display Color | MALLA DE GALLINERO |
| Material Type | Rebar |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Weight and Mass | |
| Weight per Unit Volume | 7.849 |
| Mass per Unit Volume | 0.8004 |
| Units | |
| | Tonf, m, C |
| Isotropic Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 20389019 |
| Poisson's Ratio, U | 0.3 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 1.170E-05 |
| Shear Modulus, G | 7841930. |
| Other Properties for Rebar Materials | |
| Minimum Yield Stress, Fy | 28122.785 |
| Minimum Tensile Stress, Fu | 42184.18 |
| Expected Yield Stress, Fye | 30935.064 |
| Expected Tensile Stress, Fue | 46402.6 |
| <input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display | |
| OK Cancel | |

3. Definición de secciones:

Muro: Figura N° 22

Cúpula: Figura N° 23

Figura N° 22. Propiedades Muro

Figura N° 23. Propiedades Cúpula

Shell Section Data

Section Name: MURO

Section Notes: Modify/Show...
Display Color:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear
Modify/Show Layer Definition...

Material: Mortero f'c=160Kg/cm²
Material Angle: 0.

Thickness: Membrane: 0.08, Bending: 0.08

Concrete Shell Section Design Parameters: Modify/Show Shell Design Parameters...

Stiffness Modifiers: Set Modifiers...
Temp Dependent Properties: Thermal Properties...

OK Cancel

Shell Section Data

Section Name: CUPULA

Section Notes: Modify/Show...
Display Color:

Type: Shell - Thin
 Shell - Thick
 Plate - Thin
 Plate Thick
 Membrane
 Shell - Layered/Nonlinear
Modify/Show Layer Definition...

Material: Mortero f'c=160Kg/cm²
Material Angle: 0.

Thickness: Membrane: 0.05, Bending: 0.05

Concrete Shell Section Design Parameters: Modify/Show Shell Design Parameters...

Stiffness Modifiers: Set Modifiers...
Temp Dependent Properties: Thermal Properties...

OK Cancel

4. Asignación de secciones:

Se asigna a cada grupo las propiedades antes planteadas.

PROPIEDAD GRUPO

Para el Muro: NMURO

Para la Cúpula: NCÚPULA

5. Generación del Empuje de Agua:

Figura N° 24. Empuje del Agua

The image shows a software dialog box titled "Area Surface Pressure Load". It is divided into several sections:

- Load Pattern Name:** A dropdown menu with the selected value "EMPUJE DEL AGUA".
- Units:** A dropdown menu with the selected value "Tonf. m. C".
- Pressure:** Contains two radio buttons: "By Element" (unselected) and "By Joint Pattern" (selected). Below them are a "Pressure" input field, a "Pattern" dropdown menu with "PHIDRO" selected, and a "Multiplier" input field.
- Face:** A dropdown menu with "Bottom" selected.
- Options:** Contains three radio buttons: "Add to Existing Loads" (unselected), "Replace Existing Loads" (selected), and "Delete Existing Loads" (unselected).
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons are located at the bottom center.

3.4.3 Análisis de Costo Directo

Una vez realizado el análisis estructural, y teniendo en cuenta las dimensiones y aceros calculados, se realizó los planos del reservorio para cada tipo de material, realizándose así los metrados y cálculos para determinar el costo directo con la ayuda del programa Excel.

2.4.4 Comprobación Teórica

La comprobación se hará para el reservorio de 20 m³, ya que para los demás es el mismo método. Teniendo en cuenta el procedimiento que se describe en el marco teórico para la comprobación tenemos: Primero calcularemos el parámetro C, para esto necesitamos las dimensiones del reservorio de 20 m³.

$$H = 3,00 \text{ m} = 9,84 \text{ ft.}$$

$$\varnothing = 2,90 \text{ m} = 9,51 \text{ ft.}$$

$$T = 0,20 \text{ m} = 0,66 \text{ ft}$$

Pero la altura del agua está a 2,60 m.

$$H = 2,60 \text{ m} = 8,53 \text{ ft.}$$

Con la ecuación 30 del marco teórico, calculamos el valor de C.

$$C = \frac{8,53^2}{9,51 * 0,66}$$

$$C = 11,59$$

Luego calculamos a que altura voy a calcular el esfuerzo (momento), para este caso lo realizar e a la mitad del reservorio (0.5H).

Con el valor de C y la altura considerada de cálculo (0.5H) en la tabla adjunta A-2: Moments in cylindrical Wall, determinamos el valor del momento. Obteniendo el valor de:

$$\text{Coeficiente} = 0,0005$$

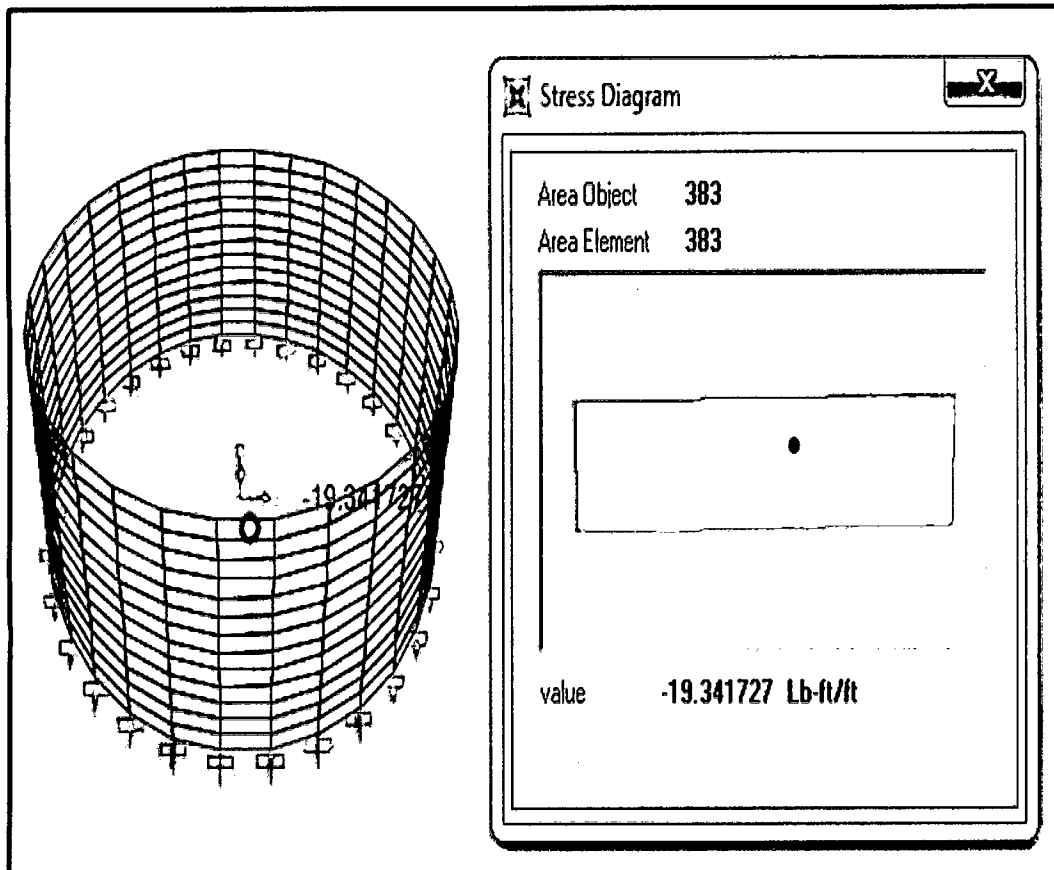
Luego con la ecuación 31 se calcula el valor del momento para una altura de 0.5H, es decir en la mitad de la altura total del líquido.

$$M = 0,0005 * 62,40 * 8,53^3$$

$$M = \pm 19,36 \text{ lb} - \text{ft} / \text{ft}$$

Este valor calculado se compara con el valor que se muestra en el SAP-2000, considerando solo el empuje del agua, a la mitad de la altura total del líquido.

Figura N° 25. Valor del Momento a una altura de 0,5 H.



Teniendo así un valor de:

Momento en el SAP: -19,34 lb-ft/ft

Momento en cálculo: 19,36 lb-ft/ft

2.4.5 Criterio de Evaluación de los Reservorios

Una vez realizado todos los procedimientos en el SAP 2000 antes ya explicados para el análisis estructural de cada estructura se obtuvo todos los parámetros que necesitamos para la comparación (fuerzas, momentos y deformaciones), posteriormente se realizó el diseño y metrados para cada uno de los reservorios planteados. Para la evaluación de qué tipo de reservorio sería mejor en utilizar tendremos el cuadro de Excel para la comparación de resultados.

3.5 Tratamiento y análisis de datos.

3.5.1 Análisis Estructural

En esta parte se explicará lo que se realizó para en el reservorio de 20 m³ para cada uno de los materiales planteados.

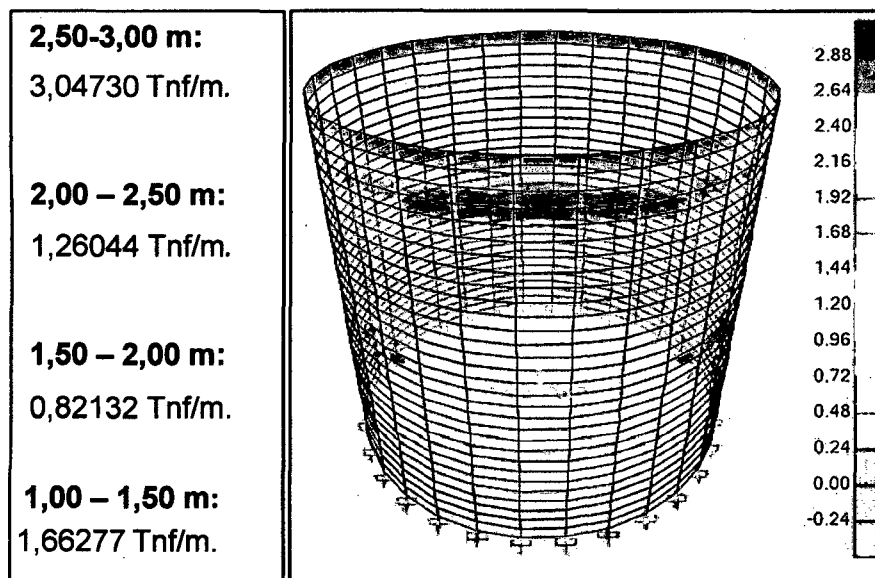
Se tomará la mayor fuerza en un rango de 0,50 m, para este reservorio, empezando desde la altura mínima hasta llegar a la altura máxima del reservorio.

3.5.1.1 Reservorio de 20 m³- Concreto Armado:

a. Fuerzas anulares: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°6, se muestra todas las fuerzas Anulares cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas a diferentes alturas.

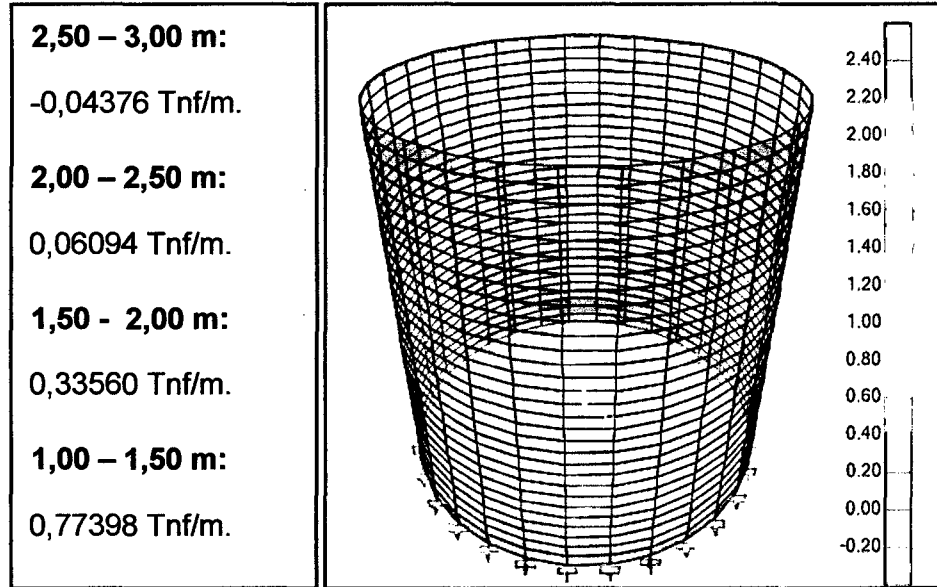
Tabla N°6. Fuerzas Anulares en Muro - Concreto Armado



b. Fuerzas Verticales: Análisis cada 0,50m.

En la Tabla N°7, se muestra todas las fuerzas verticales cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas verticales a diferentes alturas.

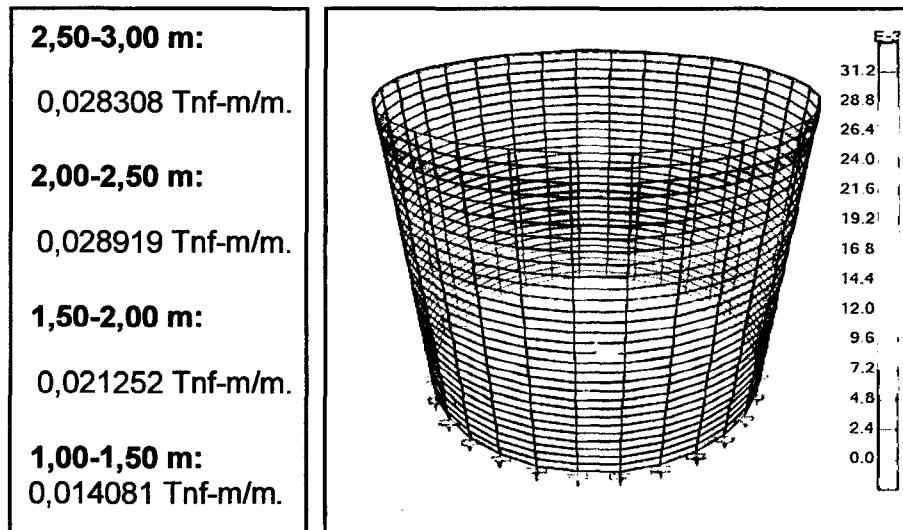
Tabla N° 7. Fuerzas Verticales en Muro - Concreto Armado.



c. Momento Flexión 11: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°8, se muestra todos los momentos cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes momentos a diferentes alturas.

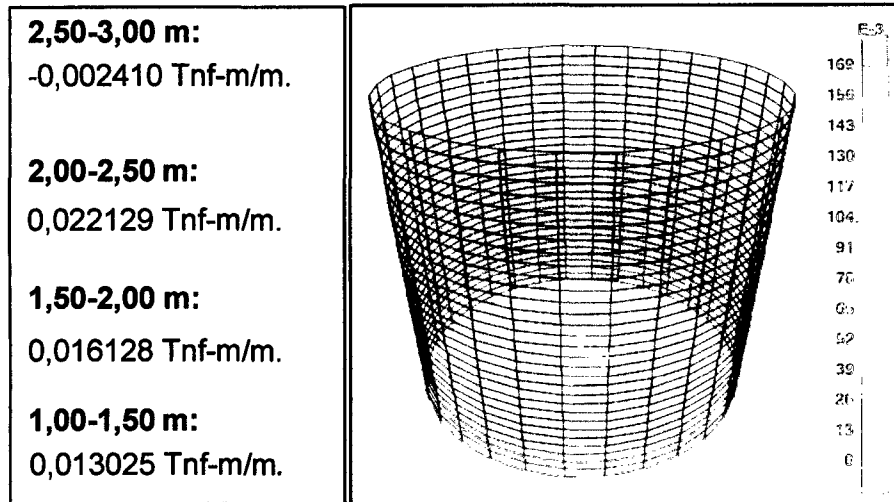
Tabla N° 8. Momento 11 en Muro - Concreto Armado.



d. Momento Flexión 22: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°9, se muestra todos los momentos cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes momentos a diferentes alturas.

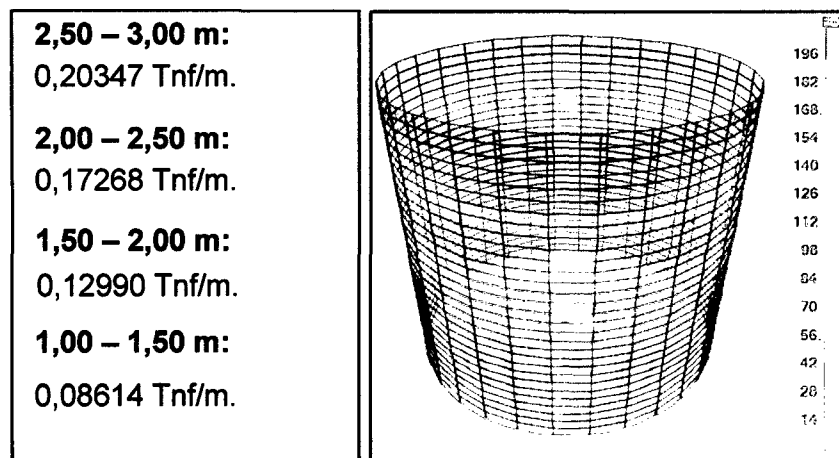
Tabla N° 9. Momento 22 en Muro - Concreto Armado.



e. Fuerzas Cortantes 13: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°10, se muestra todas las fuerzas cortantes cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas cortantes a diferentes alturas.

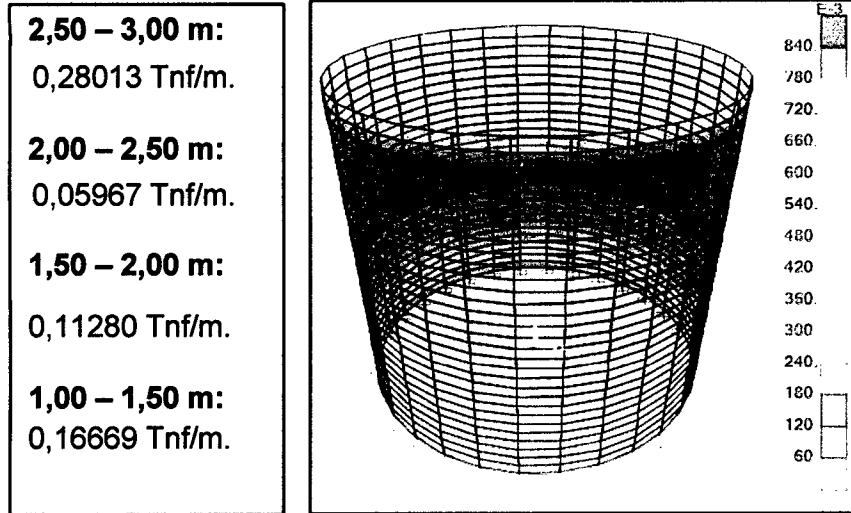
Tabla N° 10. Cortante 13 en Muro-Concreto Armado.



f. Fuerzas Cortantes 23: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°11, se muestra todas las fuerzas cortantes cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas cortantes a diferentes alturas.

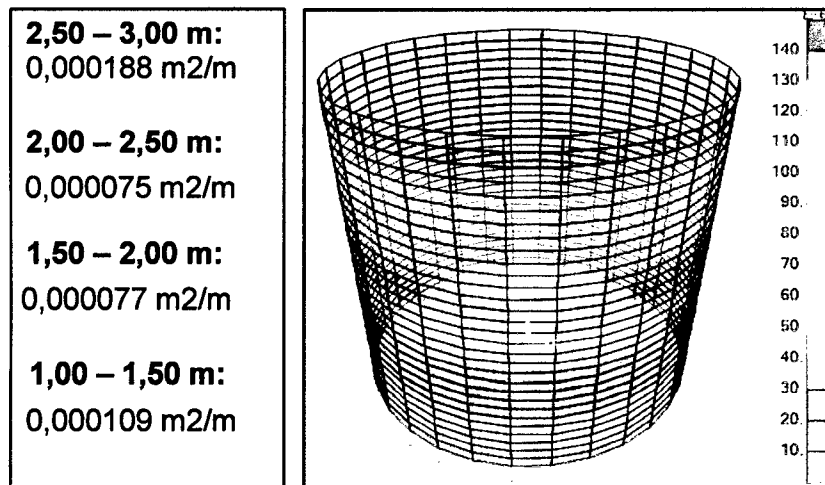
Tabla N° 11. Cortante 23 en Muro - Concreto Armado.



g. Acero 11: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°12, se muestra la sección del acero horizontal cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes secciones del acero a diferentes alturas.

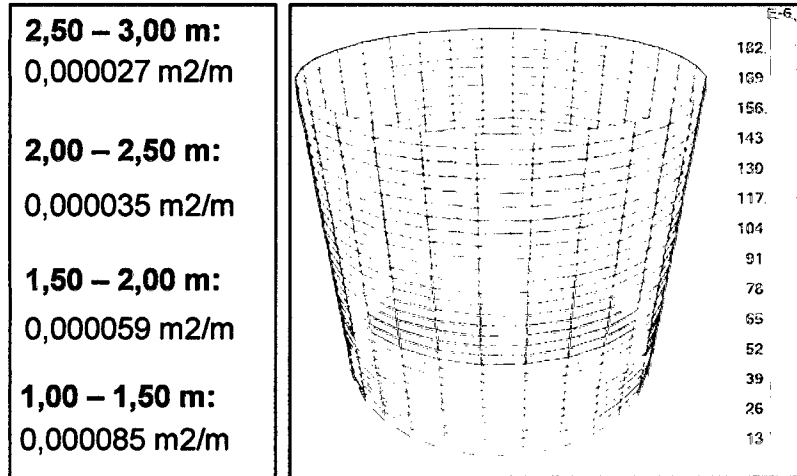
Tabla N° 12. Acero de Diseño Horizontal en Muro-Concreto Armado.



h. Acero 22: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°13, se muestra la sección del acero vertical cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes secciones del acero vertical a diferentes alturas.

Tabla N° 13. Acero de Diseño Vertical en Muro-Concreto Armado.

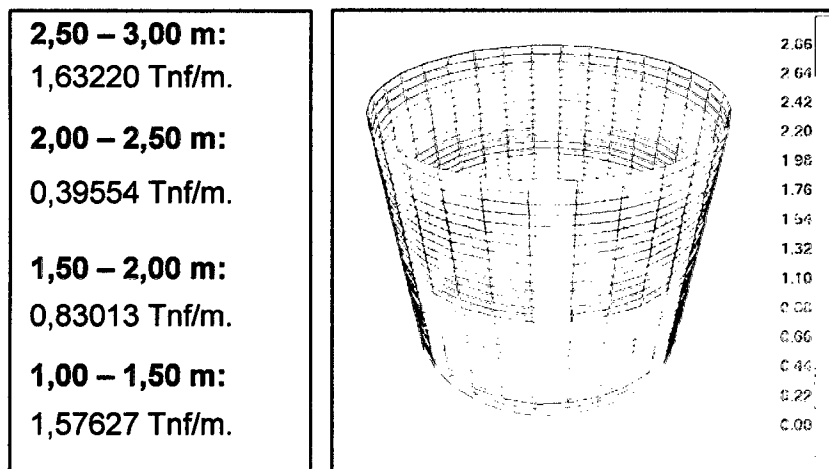


3.5.1.2 Reservorio de 20 m³ - Ferro - Cemento:

a. Fuerzas Anulares: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°14, se muestra todas las fuerzas Anulares cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas a diferentes alturas.

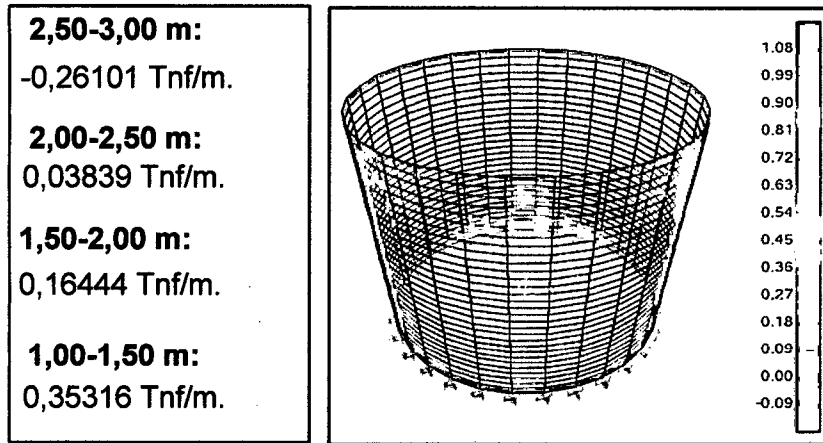
Tabla N° 14. Fuerzas Anulares en Muro – Ferro - Cemento



b. Fuerzas Verticales: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°15, se muestra todas las fuerzas verticales cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas verticales a diferentes alturas.

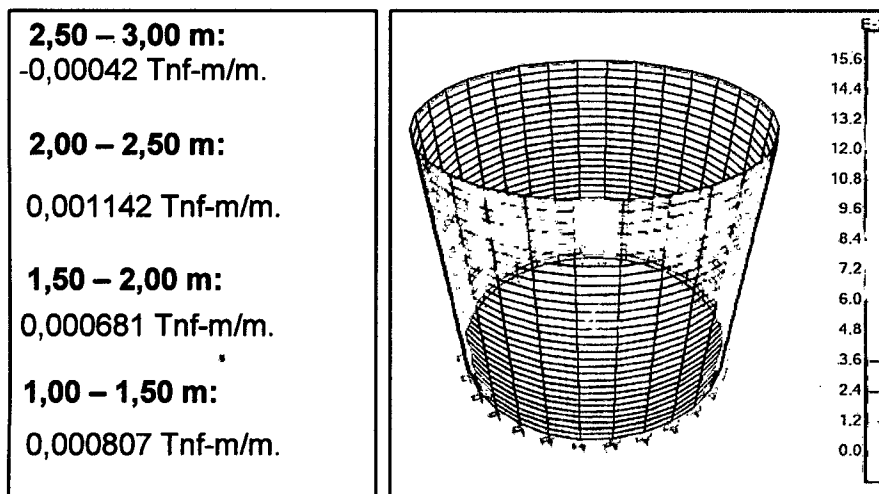
Tabla N° 15. Fuerzas Verticales en Muro - Ferro - Cemento



c. Momento Flexión 11: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°16, se muestra todos los momentos cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes momentos a diferentes alturas.

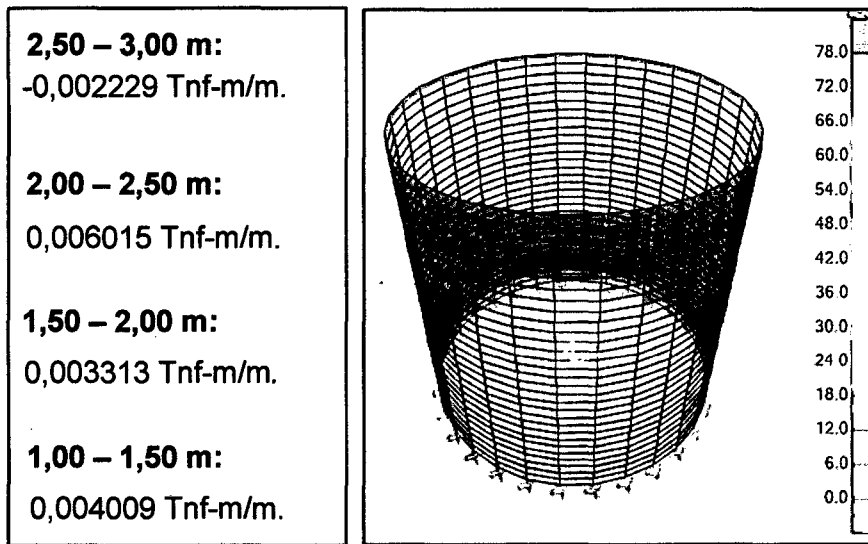
Tabla N° 16. Momento 11 en Muro - Ferro - Cemento



d. Momento Flexión 22: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°9, se muestra todos los momentos cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes momentos a diferentes alturas.

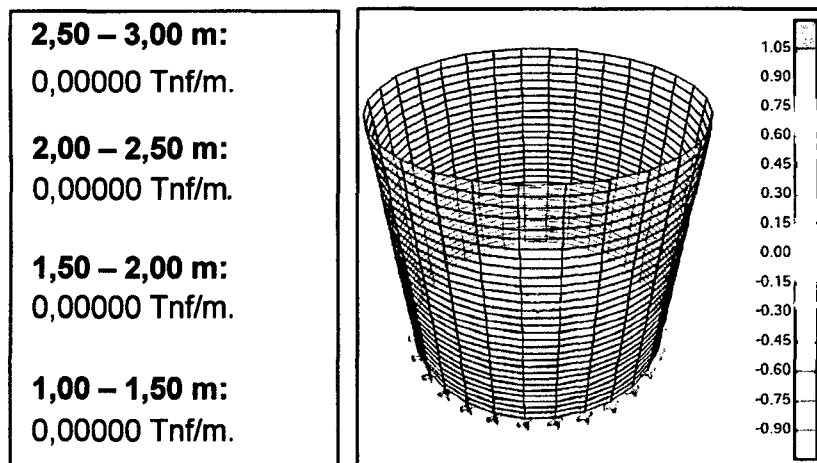
Tabla N° 17. Momento 22 en Muro - Ferro – Cemento



e. Fuerzas Cortantes 13: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°10, se muestra todas las fuerzas cortantes cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas cortantes a diferentes alturas.

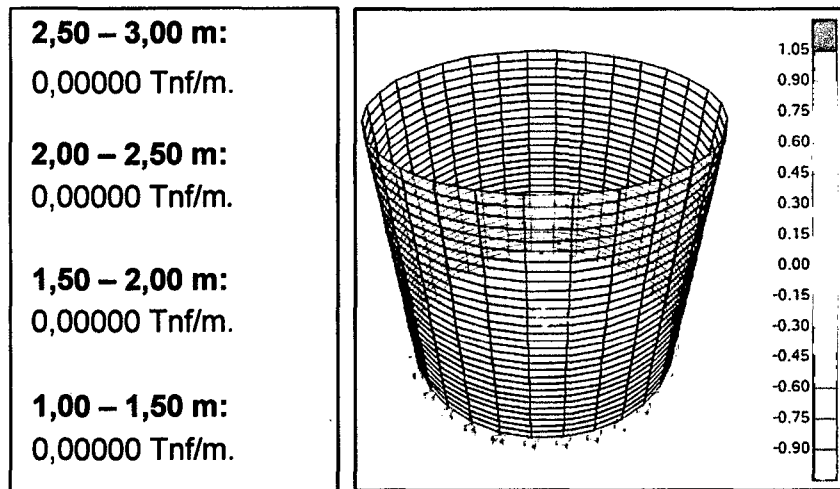
Tabla N° 18. Cortante 13 en Muro- Ferro – Cemento



f. Fuerzas Cortantes 23: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°19, se muestra todas las fuerzas cortantes cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes fuerzas cortantes a diferentes alturas.

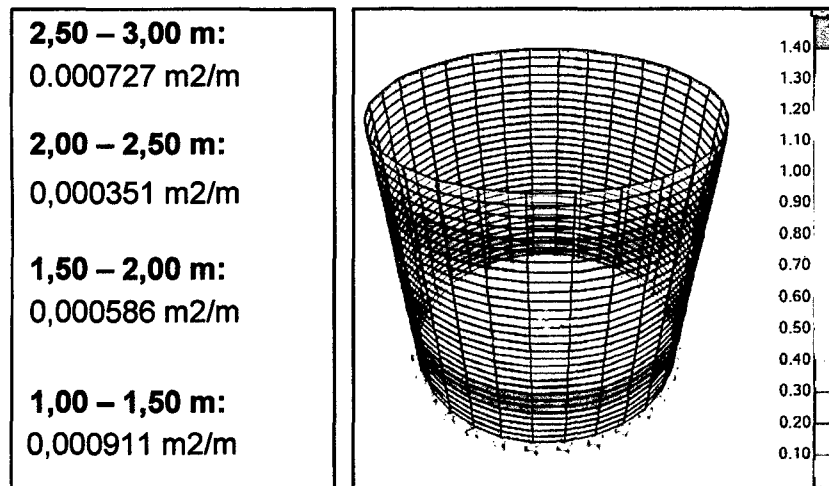
Tabla N° 19. Cortante 23 en Muro - Ferro - Cemento



g. Acero 11: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°20, se muestra la sección del acero horizontal cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes secciones del acero a diferentes alturas.

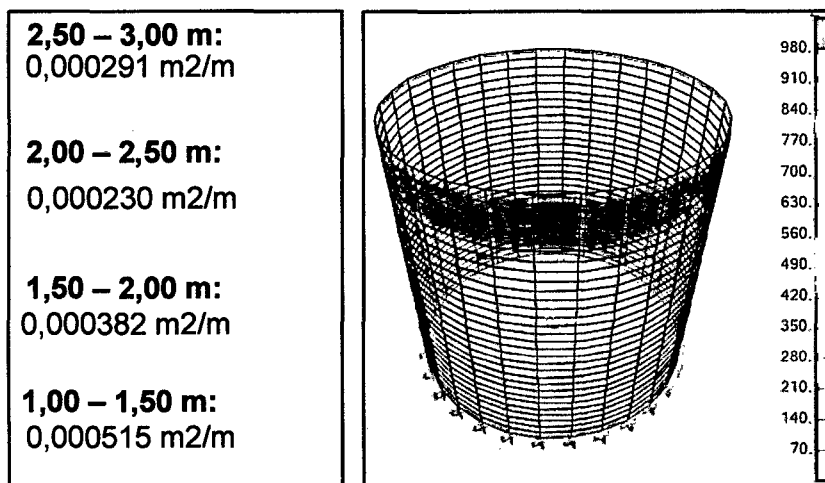
Tabla N° 20. Acero de Diseño Horizontal en Muro - Ferro - Cemento



h. Acero 22: Análisis cada 0,50 m.

En la Tabla N°21, se muestra la sección del acero vertical cada 0,5m aplicadas en el muro, también un gráfico cuyo color representa diferentes secciones del acero vertical a diferentes alturas.

Tabla N° 21. Acero de Diseño Vertical en Muro - Ferro – Cemento



3.5.2 Calculo del Análisis de Costo Directo

Así como en el análisis estructural el análisis de costo directo se realizó para el reservorio de 20 m³ y para los diferentes tipos planteados en esta tesis. Se consideró las actividades a realizar en la tabla N° 21 (anexos) para reservorios de concreto armado y en la tabla N° 22, estas plasmadas en los anexos.

Posteriormente se pasó a realizar los metrados para este reservorio, tanto para el concreto armado como para el ferro-cemento, así como muestra la siguiente figura y conjuntamente con los análisis de costos unitarios (ver en anexos) calcular el presupuesto.

Tabla N° 23. Metrados para el Reservorio de Ferro - Cemento

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | METRADO | | |
|----------|--|---------|---------|--------|
| | | Und | Metrado | Elem. |
| 1 | Reservorio de Ferro - Cemento | | | |
| 1.01 | Muro | | | |
| 01.01.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 27,33 | Muro |
| 01.01.02 | Champeado de Concreto $f'c=160$ kg/cm2 | m3 | 2,20 | Muro |
| 01.01.03 | Malla de Alambre Hexagonal | m2 | 82,00 | Muro |
| 1.02 | Cúpula | | | |
| 01.02.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 9,97 | Cúpula |
| 01.02.02 | Champeado de Concreto $f'c=160$ kg/cm2 | m2 | 0,27 | Cúpula |
| 01.02.03 | Malla de Alambre Hexagonal | m2 | 10,77 | Cúpula |

Tabla N° 24. Metrados para el Reservorio de Concreto Armado

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | METRADO | | |
|----------|---|---------|---------|----------|
| | | Und | Metrado | Elemento |
| 1 | Reservorio de Concreto Armado | | | |
| 1.01 | Muro | | | |
| 01.01.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 55,61 | Muro |
| 01.01.02 | Concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 | m3 | 5,84 | Muro |
| 01.01.03 | Colocación de Acero $f'y = 4200$ Kg/cm2 | kg | 38,93 | Muro |
| 1.02 | Cupula | | | |
| 01.02.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 10,49 | Cupula |
| 01.02.02 | Concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 | m2 | 0,44 | Cupula |
| 01.02.03 | Colocación de Acero $f'y = 4200$ Kg/cm2 | kg | 21,57 | Cupula |

Conjuntamente con esto se realizó el análisis de costos unitarios basándonos en el libro de la CAPECO, para los rendimientos de algunas partidas y también en algunos rendimientos de reconocidas entidades (Ver en Anexos Análisis de Costos Unitarios). Con los metrados y los precios unitarios, se realizó el presupuesto que se mostrará en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

En esta parte se mostraran los resultados de las dos variables: Análisis Estructural y el costo de cada tipo de reservorio, con todos los datos de sección, de materiales, de apoyo y de cargas modelados en el SAP 2000, hacemos el análisis.

4.1.1 Comparación de Esfuerzos:

4.1.1.1 Fuerzas Anulares o Axiales F11: En las siguientes tablas se muestran las fuerzas anulares aplicada a diferentes alturas y alrededor de toda el muro para los dos tipos de reservorios plateados en el proyecto de tesis.

Tabla N° 37. Fuerzas Anulares – Reservorio de Concreto Armado

| FUERZAS ANULARES | | | | | |
|-----------------------|--------|------------|--------------|----------|---------------------|
| COMPO. | ALTURA | F11 | F11 | LONGITUD | FUERZA |
| Muro | 0,50 m | 1,865 Tn/m | 1864,60 Kg/m | 9,11 m | 16986,506 Kg |
| Muro | 1,00 m | 2,382 Tn/m | 2382,10 Kg/m | 9,11 m | 21700,931 Kg |
| Muro | 1,50 m | 1,663 Tn/m | 1663,00 Kg/m | 9,11 m | 15149,930 Kg |
| Muro | 2,00 m | 0,821 Tn/m | 821,00 Kg/m | 9,11 m | 7479,310 Kg |
| Muro | 2,50 m | 1,260 Tn/m | 1260,44 Kg/m | 9,11 m | 11482,608 Kg |
| Muro | 3,00 m | 3,047 Tn/m | 3047,00 Kg/m | 9,11 m | 27758,170 Kg |
| Cúpula | 3,40 m | 1,190 Tn/m | 1190,00 Kg/m | 9,11 m | 10840,900 Kg |
| MAXIMA ANULAR EN MURO | | | | | 27758,170 Kg |

El máximo valor para las fuerzas anulares en el reservorio circular de Concreto Armado se da en la parte superior de la altura del mismo, se observa la influencia de las fuerzas en el resultado con un valor de 27758,170 kg.

Tabla N° 38. Fuerzas Anulares – Reservoirio de Ferro - Cemento

| FUERZAS ANULARES | | | | | |
|------------------------------|--------|------------|--------------|----------|---------------------|
| COMPO. | ALTURA | F11 | F11 | LONGITUD | FUERZA |
| Muro | 0,50 m | 2,766 Tn/m | 2766,00 Kg/m | 9,11 m | 25198,260 Kg |
| Muro | 1,00 m | 2,419 Tn/m | 2419,00 Kg/m | 9,11 m | 22037,090 Kg |
| Muro | 1,50 m | 1,576 Tn/m | 1576,30 Kg/m | 9,11 m | 14360,093 Kg |
| Muro | 2,00 m | 0,830 Tn/m | 830,10 Kg/m | 9,11 m | 7562,211 Kg |
| Muro | 2,50 m | 0,396 Tn/m | 395,50 Kg/m | 9,11 m | 3603,005 Kg |
| Muro | 3,00 m | 1,632 Tn/m | 163,20 Kg/m | 9,11 m | 14869,342 Kg |
| cúpula | 3,40 m | 1,006 Tn/m | 1006,00 Kg/m | 9,11 m | 9164,660 Kg |
| MAXIMA ANULAR EN MURO | | | | | 25198,260 Kg |

El máximo valor para las fuerzas anulares en el reservoirio circular de Ferro - Cemento se da en la parte inferior a 0,5m de la altura del mismo, se observa la influencia de las fuerzas en el resultado con un valor de 25198,260kg.

4.1.1.2 Fuerzas Verticales: En las siguientes tablas se muestran las fuerzas verticales aplicadas a diferentes alturas y alrededor de todo el muro.

Tabla N° 39. Fuerzas Verticales – Reservoirio de Concreto Armado

| FUERZAS VERTICALES | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------------|--------------|----------|---------------------|
| COMPO. | ALTURA | F22 | F22 | LONGITUD | FUERZA |
| Muro | 0,50 m | 2,038 Tn/m | 2038,00 Kg/m | 9,11 m | 18566,180 Kg |
| Muro | 1,00 m | 1,386 Tn/m | 1385,50 Kg/m | 9,11 m | 12621,905 Kg |
| Muro | 1,50 m | 0,774 Tn/m | 774,00 Kg/m | 9,11 m | 7051,140 Kg |
| Muro | 2,00 m | 0,336 Tn/m | 335,60 Kg/m | 9,11 m | 3057,316 Kg |
| Muro | 2,50 m | 0,061 Tn/m | 60,90 Kg/m | 9,11 m | 554,799 Kg |
| Muro | 3,00 m | -0,044 Tn/m | -43,80 Kg/m | 9,11 m | -399,018 Kg |
| cúpula | 3,40 m | -0,037 Tn/m | -37,40 Kg/m | 9,11 m | -340,714 Kg |
| MAXIMA VERTICAL EN MURO | | | | | 18566,180 Kg |

El máximo valor para las fuerzas verticales en el reservorio circular de Concreto Armado se da en la parte inferior a 0,5m de la altura del mismo, se observa la influencia de las fuerzas en el resultado con un valor de 18566,180kg.

Tabla N° 40. Fuerzas Verticales – Reservorio de Ferro - Cemento

| FUERZAS VERTICALES | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------------|-------------|----------|--------------------|
| COMPO. | ALTURA | F22 | F22 | LONGITUD | FUERZA |
| Muro | 0,50 m | 0,894 Tn/m | 893,80 Kg/m | 9,11 m | 8142,518 Kg |
| Muro | 1,00 m | 0,615 Tn/m | 615,20 Kg/m | 9,11 m | 5604,472 Kg |
| Muro | 1,50 m | 0,353 Tn/m | 353,20 Kg/m | 9,11 m | 3217,652 Kg |
| Muro | 2,00 m | 0,164 Tn/m | 164,40 Kg/m | 9,11 m | 1497,684 Kg |
| Muro | 2,50 m | 0,038 Tn/m | 38,40 Kg/m | 9,11 m | 349,824 Kg |
| Muro | 3,00 m | -0,026 Tn/m | -26,10 Kg/m | 9,11 m | -237,771 Kg |
| Cúpula | 3,40 m | 0,127 Tn/m | 126,70 Kg/m | 9,11 m | 1154,237 Kg |
| MAXIMA VERTICAL EN MURO | | | | | 8142,518 Kg |

El máximo valor para las fuerzas verticales en el reservorio circular de Ferro - Cemento se da en la parte inferior a 0,5m de la altura del mismo, se observa la influencia de las fuerzas en el resultado con un valor de 8142,518kg.

4.1.1.3 Momento M11: En las siguientes tablas se muestran todos los momentos aplicados a diferentes alturas y alrededor de todo el muro, de los cuales se obtuvo el máximo para el diseño de cada tipo de reservorio.

Tabla N° 41. Momento M11 – Reservorio de Concreto Armado

| MOMENTO | | | | | |
|-------------------------------|--------|----------------|----------------|----------|-----------------------|
| COMPO. | ALTURA | M11 | M11 | LONGITUD | MOMENTO |
| Muro | 0,50 m | 0,0000 Tn-cm/m | 5,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 45,55 Kg-cm |
| Muro | 1,00 m | 0,0072 Tn-cm/m | 720,0 Kg-cm/m | 9,11 m | 6559,20 Kg-cm |
| Muro | 1,50 m | 0,0141 Tn-cm/m | 1410,0 Kg-cm/m | 9,11 m | 12845,10 Kg-cm |
| Muro | 2,00 m | 0,0210 Tn-cm/m | 2100,0 Kg-cm/m | 9,11 m | 19131,00 Kg-cm |
| Muro | 2,50 m | 0,0289 Tn-cm/m | 2890,0 Kg-cm/m | 9,11 m | 26327,90 Kg-cm |
| Muro | 3,00 m | 0,0283 Tn-cm/m | 2830,0 Kg-cm/m | 9,11 m | 25781,30 Kg-cm |
| Cupula | 3,40 m | 0,0052 Tn-cm/m | 520,0 Kg-cm/m | 9,11 m | 4737,20 Kg-cm |
| MOMENTO MAXIMO EN MURO | | | | | 26327,90 Kg-cm |

El momento M11 corresponde al momento horizontal del reservorio de Concreto Armado y el valor máximo se da en la parte superior del reservorio a una altura aproximada de 2,5m, este momento tiene una magnitud máxima de 26327,90 kg-cm.

Tabla N° 42. Momento M11 – Reservoirio de Ferro - Cemento

| MOMENTO | | | | | |
|-------------------------------|--------|-----------------|-------------------|----------|------------------------|
| COMPO. | ALTURA | M11 | M11 | LONGITUD | MOMENTO |
| Muro | 0,50 m | 0,0009 Tn-cm/m | 90,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | 819,9000 Kg-cm |
| Muro | 1,00 m | 0,0009 Tn-cm/m | 90,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | 819,9000 Kg-cm |
| Muro | 1,50 m | 0,0008 Tn-cm/m | 80,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | 728,8000 Kg-cm |
| Muro | 2,00 m | 0,0007 Tn-cm/m | 70,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | 637,7000 Kg-cm |
| Muro | 2,50 m | 0,0011 Tn-cm/m | 110,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | 1002,1000 Kg-cm |
| Muro | 3,00 m | -0,0004 Tn-cm/m | -40,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | -364,4000 Kg-cm |
| Cupula | 3,40 m | 0,0017 Tn-cm/m | 170,00000 Kg-cm/m | 9,11 m | 1548,7000 Kg-cm |
| MOMENTO MAXIMO EN MURO | | | | | 1002,1000 Kg-cm |

El momento M11 corresponde al momento horizontal del reservoirio de Ferro - Cemento y el valor máximo se da en la parte superior del reservoirio a una altura aproximada de 2,5m, este momento tiene una magnitud máxima de 1002,100 kg-cm.

4.1.1.4 Momento M22: En las siguientes tablas se muestran todos los momentos aplicados a diferentes alturas y alrededor de todo el muro, de los cuales se obtuvo el máximo para el diseño de cada tipo de reservorio.

Tabla N° 43. Momento M22 – Reservorio de Concreto Armado

| MOMENTO | | | | | |
|-------------------------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------------|
| COMPO. | ALTURA | M22 | M22 | LONGITUD | MOMENTO |
| Muro | 0,50 m | 0,0028 Tn-cm/m | 280,00 Kg-cm/m | 9,11 m | 2550,80 Kg-cm |
| Muro | 1,00 m | 0,0130 Tn-cm/m | 1300,00 Kg-cm/m | 9,11 m | 11843,00 Kg-cm |
| Muro | 1,50 m | 0,0130 Tn-cm/m | 1300,00 Kg-cm/m | 9,11 m | 11843,00 Kg-cm |
| Muro | 2,00 m | 0,0161 Tn-cm/m | 1610,00 Kg-cm/m | 9,11 m | 14667,10 Kg-cm |
| Muro | 2,50 m | 0,0221 Tn-cm/m | 2210,00 Kg-cm/m | 9,11 m | 20133,10 Kg-cm |
| Muro | 3,00 m | -0,0024 Tn-cm/m | -240,00 Kg-cm/m | 9,11 m | -2186,40 Kg-cm |
| Cúpula | 3,40 m | 0,0084 Tn-cm/m | 840,00 Kg-cm/m | 9,11 m | 7652,40 Kg-cm |
| MOMENTO MAXIMO EN MURO | | | | | 20133,10 Kg-cm |

El momento M22 corresponde al momento vertical del reservorio de Concreto Armado y el valor máximo se da en la parte superior del reservorio a una altura aproximada de 2,5m, este momento tiene una magnitud máxima de 20133,10 kg-cm.

Tabla N° 44. Momento M22 – Reservoirio de Ferro - Cemento

| MOMENTO | | | | | |
|-------------------------------|--------|----------------|------------------|----------|-----------------------|
| COMPO. | ALTURA | M22 | M22 | LONGITUD | MOMENTO |
| Muro | 0,50 m | 0,004 Tn-cm/m | 420,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 3826,200 Kg-cm |
| Muro | 1,00 m | 0,005 Tn-cm/m | 450,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 4099,500 Kg-cm |
| Muro | 1,50 m | 0,004 Tn-cm/m | 400,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 3644,000 Kg-cm |
| Muro | 2,00 m | 0,003 Tn-cm/m | 330,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 3006,300 Kg-cm |
| Muro | 2,50 m | 0,006 Tn-cm/m | 600,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 5466,000 Kg-cm |
| Muro | 3,00 m | -0,002 Tn-cm/m | -220,000 Kg-cm/m | 9,11 m | -2004,200 Kg-cm |
| Cupula | 3,40 m | 0,004 Tn-cm/m | 350,000 Kg-cm/m | 9,11 m | 3188,500 Kg-cm |
| MOMENTO MAXIMO EN MURO | | | | | 5466,000 Kg-cm |

El momento M22 corresponde al momento vertical del reservoirio de Ferro - Cemento y el valor máximo se da en la parte superior del reservoirio a una altura aproximada de 2,5m, este momento tiene una magnitud máxima de 5466,00kg-cm.

4.1.2 Comparación de Deformaciones:

4.1.2.1 Reservorio de Concreto Armado

Figura N° 25. Deformación en reservorio de Concreto Armado

MURO:

Tabla N° 45. Deformaciones de 0,00 m a 1,00 m:

| Joint Object 325 | | Joint Element 325 | |
|------------------|------------|-------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 1.735E-05 | -1.990E-05 | -1.336E-05 |
| Rotn | -2.015E-05 | -1.604E-05 | 2.230E-06 |

Tabla N° 46. Deformaciones de 1,00 m a 2,00 m:

| Joint Object 625 | | Joint Element 625 | |
|------------------|-----------|-------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 3.702E-05 | -3.978E-05 | -2.115E-05 |
| Rotn | 1.836E-05 | 1.621E-05 | 3.727E-06 |

4.1.2.2 Reservoirio de Ferro - Cemento

MURO:

Tabla N° 47. Deformaciones de 0,00 m a 1,00 m:

| Joint Displacements | | | |
|---------------------|-------------------|------------|------------|
| Joint Object | Joint Element 325 | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 2.842E-05 | -3.359E-05 | -2.025E-05 |
| Rotn | -3.050E-05 | -2.183E-05 | -3.478E-06 |

Tabla N°48. Deformaciones de 1,00 m a 2,00 m:

| Joint Displacements | | | |
|---------------------|-------------------|------------|------------|
| Joint Object | Joint Element 625 | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 5.950E-05 | -6.379E-05 | -3.246E-05 |
| Rotn | -3.117E-05 | -2.405E-05 | -3.223E-06 |

4.1.3 Comparación de Presupuesto:

En la tabla N° 49 se muestra el presupuesto del reservorio de concreto armado de 20m³, cuyas partidas son las predominantes en los reservorios.

Tabla N°49. Presupuesto en Reservorio de Concreto Armado

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | PRESUPUESTO INICIAL | | | |
|-----------------------------------|---|---------------------|---------|----------|----------------|
| | | Und | Metrado | Unitario | Parcial |
| 1 | Reservorio de Concreto Armado | | | | 6596,87 |
| 1.01 | Muro | | | | |
| 01.01.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 55,61 | 40,21 | 2236,08 |
| 01.01.02 | Concreto f'c = 210 Kg/cm ² | m ³ | 5,84 | 419,33 | 2448,89 |
| 01.01.03 | Colocación de Acero f'y = 4200 Kg/cm ² | kg | 38,93 | 21,58 | 840,11 |
| 1.02 | Cupula | | | | |
| 01.02.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 10,49 | 40,21 | 421,80 |
| 01.02.02 | Concreto f'c = 210 Kg/cm ² | m ² | 0,44 | 419,33 | 184,51 |
| 01.02.03 | Colocación de Acero f'y = 4200 Kg/cm ² | m ² | 21,57 | 21,58 | 465,48 |
| TOTAL COSTO DIRECTO (CD) | | | | | 6596,87 |

Tabla N°50. Presupuesto en Reservorio de Ferro - Cemento

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | PRESUPUESTO INICIAL | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------|----------|----------------|
| | | Und | Metrado | Unitario | Parcial |
| 1 | Reservorio de Ferro - Cemento | | | | 5120,20 |
| 1.01 | Muro | | | | |
| 01.01.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 27,33 | 40,21 | 1098,94 |
| 01.01.02 | Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 | m3 | 2,20 | 881,70 | 1939,74 |
| 01.01.03 | Malla de Alambre Hexagonal | m2 | 82,00 | 15,55 | 1275,10 |
| 1.02 | Cupula | | | | |
| 01.02.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 | 9.97 | 40,21 | 400,89 |
| 01.02.02 | Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 | m2 | 0.27 | 881,70 | 238,06 |
| 01.02.03 | Malla de Alambre Hexagonal | m2 | 10.77 | 15,55 | 167,47 |
| TOTAL COSTO DIRECTO (CD) | | | | | 5120,20 |

En esta tabla se muestra el presupuesto del reservorio de Ferro - Cemento de 20m³.

En los cálculos de costos con los metrados y el análisis de costos unitarios se realizó el presupuesto para cada uno de los reservorios planteados, es así que se logró obtener resultados favorables para el reservorio de Ferro – Cemento, comparado con el reservorio de Concreto Armado, la cual este último es más costoso en su construcción.

En la comprobación, los resultados obtenidos en el SAP 2000 versión educacional y los obtenidos teóricamente, se demostró que se tiene una diferencia mínima.

Con los resultados obtenidos en el análisis estructural de los reservorios mencionados, casi todos los esfuerzos que se generan al aplicarse los tipos de cargas que en esta investigación se han considerado, resisten más en el concreto armado que en el ferro-cemento, sin embargo vemos que el ferro-cemento también resiste cargas a las solicitaciones antes mencionadas, en cuanto al costo los reservorios de ferro-cemento son menos costosos que los de concreto armado.

De acuerdo a las conclusiones de los antecedentes, López Delgado A. G. y Sánchez Ramírez J. C. (2011) Ecuador, se realizó un análisis de costos de dos alternativas para la implementación de una cisterna en pequeñas comunidades, una con Ferro - Cemento y otro con Concreto Armado se concluyó que el tanque de ferro-cemento es la alternativa más adecuada por tener un menor costo, entonces como el resultado de esta investigación se mostró que también el reservorio de Ferro-Cemento es más económico en un 25% comparado con el reservorio circular de Concreto Armado, entonces los resultados son análogos.

Con los resultados de esta investigación se probó que los reservorios de Ferro -Cemento son los más recomendables en estas zonas rurales de Jaén por que cumplen con las solicitaciones requeridas por as cargas y también por tener un menor costo, esto depende de la dimensiones y materiales que son menores, y comparado con Nieto Abad C. O., Andrés Zhañay W. (2011) Cuenca, Ecuador la correcta aplicación de normas establecidas en lo que se refiere a

abastecimiento de agua investigadas para la realización de este proyecto nos permite tener dimensiones acorde a la realidad del medio donde se realizara el proyecto, de esta manera se evitan sobredimensionamientos y gastos económicos innecesarios, o peor aún dimensiones menores a las requeridas convirtiéndola en inadecuada y poco funcional para cumplir con las expectativas de la población.

Según Quishpe Flores L. E., Zamora Zabala F. G. (2011) Cuenca, Ecuador, se realizó el diseño del tanque séptico tanto de Ferro-cemento como de hormigón armado basándonos en las normativas ACI 350R-01, ACI 318S-05, y el manual de recomendaciones para Ferro-cemento, la cual determino que un tanque séptico de Ferro-cemento es más económico que el de hormigón armado, la cual una vez más se demuestra que las estructuras de ferro-cemento son menos costosas que las de concreto armado.

Según los antecedentes más relevantes de esta investigación todos concluyen que las estructuras hechas de Ferro – Cemento presentan un costo menor que las estructuras de Concreto Armado, además de cumplir con las solicitudes requeridas por las cargas, hay convergencia en los resultados.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En cuanto al análisis del comportamiento estructural que se realizó para cada uno de los reservorios planteados, el reservorio de concreto armado tiene mejor comportamiento estructural, por tener mayor resistencia a los esfuerzos que se generan a las diferentes combinaciones de cargas que se consideraron para el análisis, el reservorio de ferro-cemento, también presenta un buen comportamiento estructural pero con resistencias a los esfuerzos menores, pero cumpliendo a las solicitaciones mínimas.

En el análisis de fuerzas anulares, se deduce para el reservorio de 20 m³ de el concreto armado se tiene una fuerza máxima de 27758,170 Kg. y en el reservorio de ferro-cemento una fuerza máxima de 25198,260 Kg.

Para las fuerzas verticales, para el reservorio de 20 m³ tenemos una fuerza vertical máxima de 18566,180 Kg. en el material de concreto armado, pero en el ferro-cemento tenemos una fuerza de 8142,518 Kg.

Para el análisis de momento flectores (M11), como se muestra en las tablas adjuntas, en el reservorio de 20 m³ para el concreto armado su máximo valor es de 26327,90 Kg-cm; y para el ferro-cemento tiene un momento máximo de 1002,100 Kg-cm.

Para el análisis de costo, el reservorio de ferro-cemento es mucho más económico que el reservorio de Concreto Armado, comparado en porcentajes el reservorio de concreto armado es 25% más costoso que un reservorio de Ferro – Cemento, esto se debe al tipo de material que utiliza y por la cantidad de material que intervienen en la construcción de estas estructuras.

Según la hipótesis se concluye que los reservorios de ferro cemento presentan un comportamiento estructural menos eficiente comparado con un reservorio de concreto armado, pero que si cumple con las condiciones mínimas para su diseño. En cuanto al costo los reservorios de ferro - cemento es menos costoso para su construcción comparado con el reservorio de concreto armado

Se recomienda a todas las entidades tanto públicas como privadas que se encargan de realizar estos proyectos de agua potable tener en cuenta la proyección de reservorios de ferro- cemento, ya que presentan un costo menor comparado con los reservorios de concreto armado, y también por presentar un buen comportamiento estructural menor que los reservorios de concreto armado pero que si cumplen con la normativa y las solicitudes requeridas.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar el estudio para reservorios de diferentes capacidades y para diferentes zonas de esta región.

Es indispensable la elaboración de una normativa técnica en Perú sobre ferrocemento, en relación a la cual se puedan referir proyectos de este tipo, en la cual se considere ensayos de los materiales de nuestro medio.

En otro tema de investigación se recomienda analizar al detalle del efecto del sismo mediante estudios minuciosos de este comportamiento en reservorios de ferro-cemento, considerando el efecto del sismo con el tanque lleno (masas convectivas).

Investigar otros tipos de materiales que ayuden en la construcción de estructuras en nuestro medio, que sea menos costoso pero que también trabaje estructuralmente bien.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera Huamán W., Díaz Fernández N. (2006) Proceso Constructivo con Ferro-cemento, Universidad Nacional de Cajamarca, EPILAS.
- Care Perú y Sencico 2007: Informe Preliminar en la Construcción de un Tanque de Ferro-Cemento en la ciudad del cusco, PE. 12p.
- Cifuentes, O. (2007), Capitulo IV, Estudios para un proyecto de abastecimiento de agua. Buenos Aires, ARG.
- Harmsen Teodoro E. (2002), Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Pe, 681p.
- López Delgado A. G. y Sánchez Ramírez J. C, (2011) "Diseño de Cisternas de Ferro-Cemento, Análisis Económico, Constructivo y Cualitativo ante Cisternas de Hormigón Armado y Cisternas Plásticas". Monografía (Ing. Civil) EC., Universidad de Cuenca, Facultad de ingeniería civil, 142p.
- Masó Solés, J. (2004). "Diseño, cálculo y ejecución de tanques de ferrocemento"; Tesina (Ing. Civil), Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, ESP.
- MVCS (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento), Plan Nacional de Saneamiento 2006 – 2015.
- Nieto Abad C. O. y Andrés Zhañay W. (2011) "Diseño de un Tanque Apoyado De Ferro-Cemento para la Comunidad de Santa Rosa de Chichin, Perteneciente a la Parroquia Jadán del Cantón Gualaceo", Tesis (Ing. Civil), EC. Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería Civil, 69p.
- Nunes Bonifacio S. (1995) Diseño Materiales y Procedimientos Constructivos con Ferro-Cemento para Agua y Saneamiento, Divinópolis/MG, BR. 12p.
- Quishpe Flores L. E y Zamora Zabala F.G. "DISEÑO DE UN TANQUE SÉPTICO PARA BRINDAR SERVICIO A 5 FAMILIAS CON LA

UTILIZACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS PARA SU CONSTRUCCIÓN A) FERROCEMENTO Y B) HORMIGÓN ARMADO”, Monografía, (Ing. Civil) EC., Universidad de Cuenca, Facultad de ingeniería civil,104p.

- Salinas Seminario, M. (2007), “Costos y Presupuestos de Obra”. Lima-PE. Editorial: Instituto y Gerencia de la Construcción.

ANEXOS

Anexo A: Gráficos de fuerzas, momentos y deformaciones de los resultados del análisis estructural.

En las siguientes figuras se muestran las fuerzas anulares aplicada a diferentes alturas y alrededor de toda el muro.

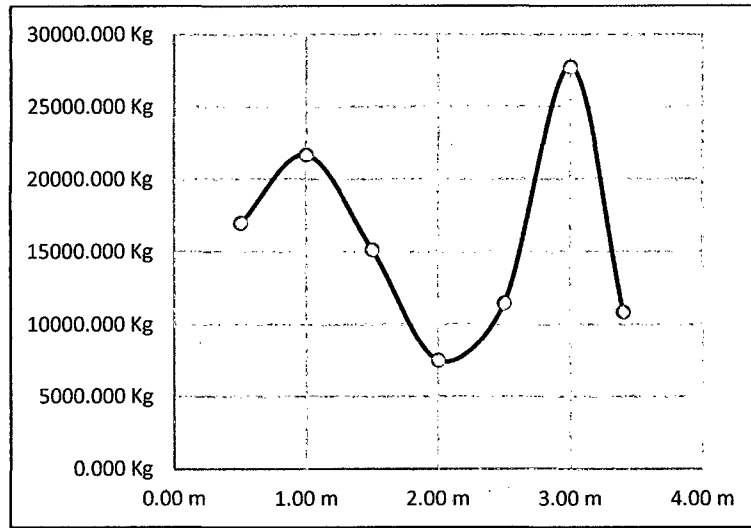


Figura N° 25. Fuerzas Anulares – Reservorio de Concreto Armado

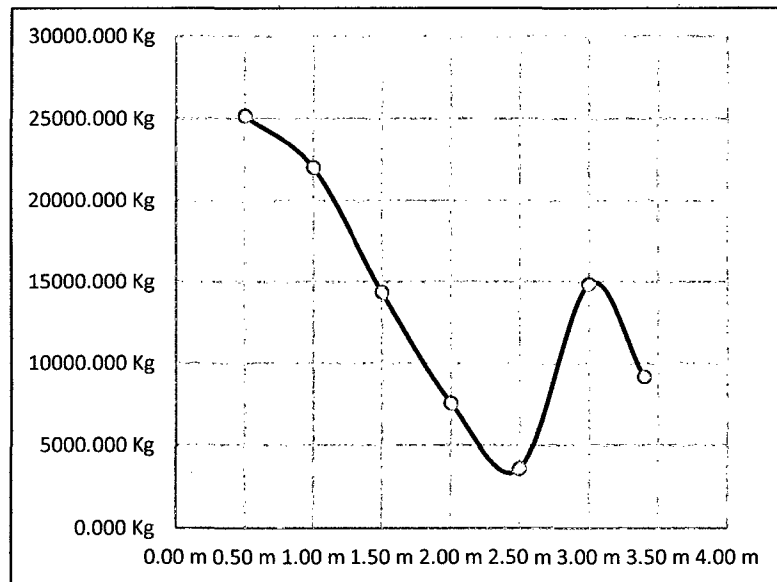


Figura N° 26. Fuerzas Anulares – Reservorio de Ferro - Cemento

En las siguientes figuras se muestran las fuerzas verticales aplicadas a diferentes alturas y alrededor de todo el muro.

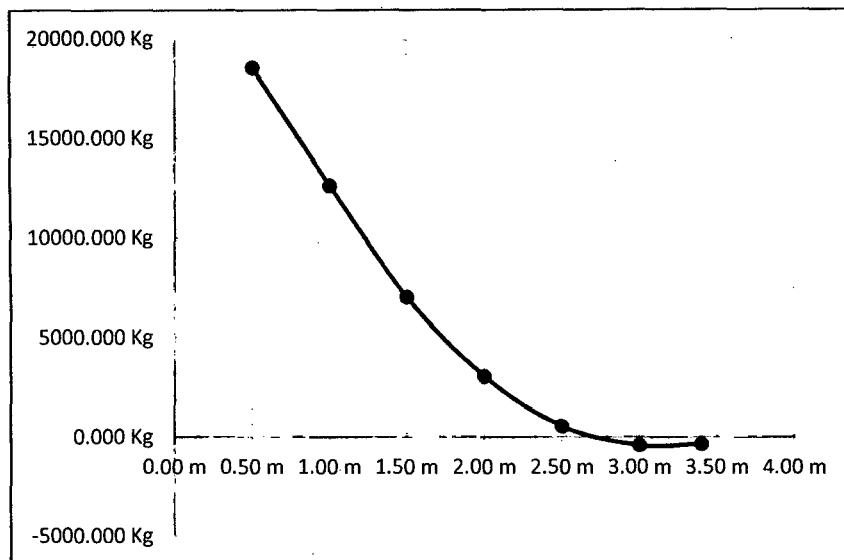


Figura N° 27. Fuerzas Verticales – Reservorio de Concreto Armado

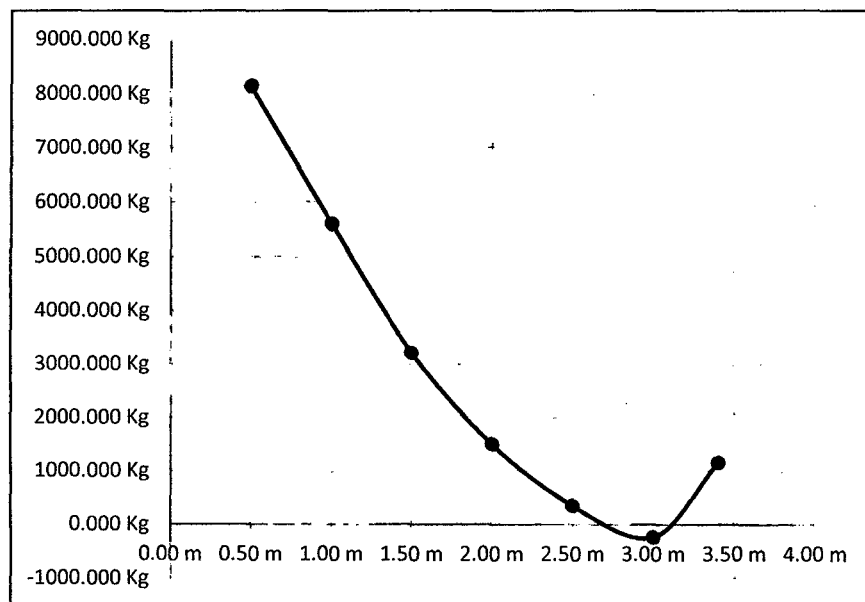


Figura N° 28. Fuerzas Verticales – Reservorio de Ferro - Cemento

En las siguientes Figuras se muestran todos los momentos aplicados a diferentes alturas y alrededor de todo el muro, de los cuales se obtuvo el máximo para el diseño de cada tipo de reservorio.

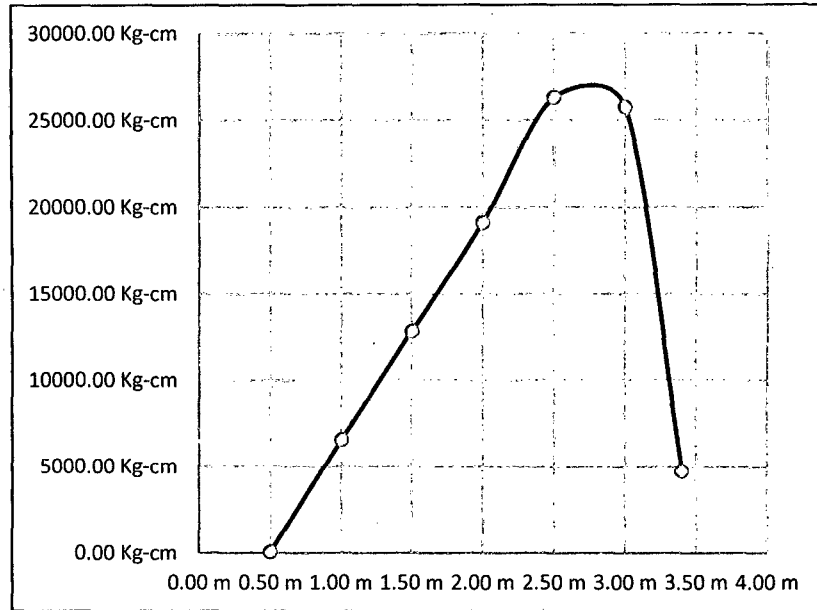


Figura N° 29. Momento M11 – Reservoirio de Concreto Armado

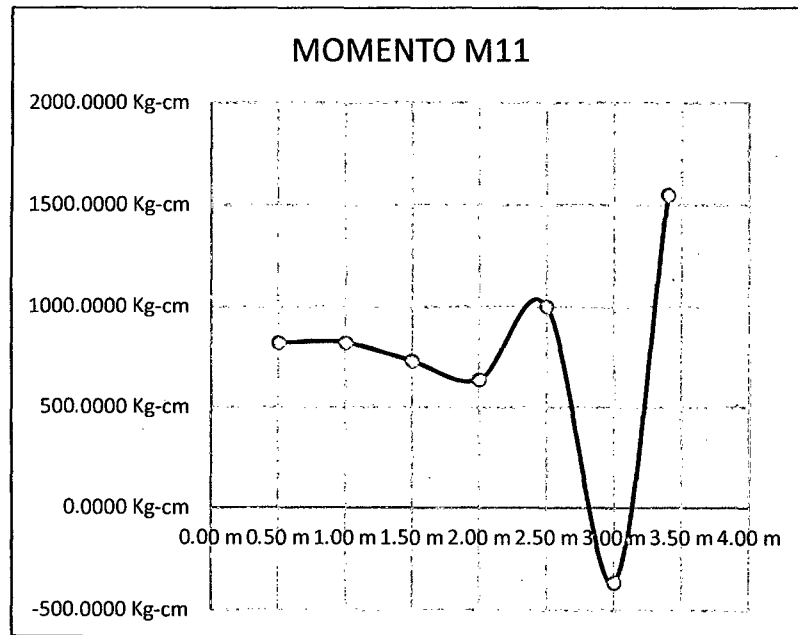


Figura N° 30. Momento M11 – Reservoirio de Ferro – Cemento

En las siguientes Figuras se muestran todos los momentos aplicados a diferentes alturas y alrededor de todo el muro, de los cuales se obtuvo el máximo para el diseño de cada tipo de reservorio.

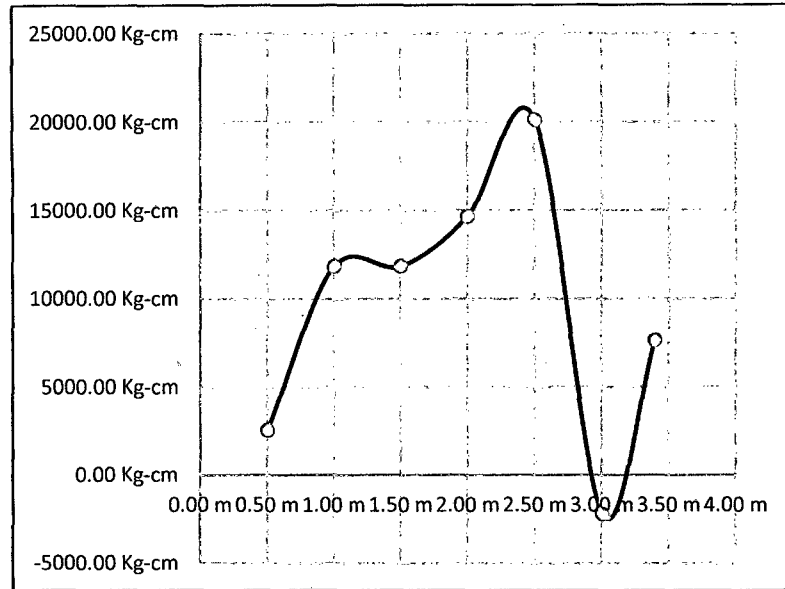


Figura N° 31. Momento M22 – Reservoirio de Concreto Armado

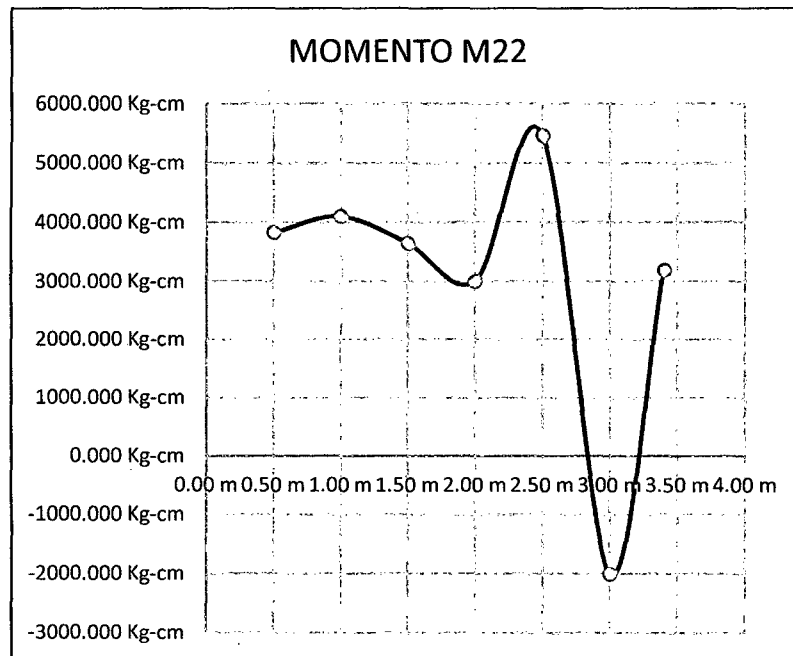


Figura N° 32. Momento M22 – Reservoirio de Ferro - Cemento

Anexo B: Diseño y Metrado del reservorio de Concreto Armado.

Diseño de Reservorios de Concreto Armado

1 Volumen de Reservorio:

20.00 m³

Dimensionamiento del Tanque

| DESCRIPCION | VALOR |
|--|-------|
| Diámetro pre dimensionado de tanque (m) | 3.71 |
| Altura pre dimensionada de agua en el tanque | 1.85 |
| Diámetro interior adoptado | 2.90 |
| Altura de agua adoptada | 3.00 |
| Volumen resultante de reservorio (m ³) | 19.82 |
| Chequeo de volumen resultante | OK |
| Borde libre | 0.25 |

Diseño de Paredes

| DESCRIPCION | VALOR |
|--|--------------|
| Fuerza de tensión - Anillo inferior (Kg) | 4,980.67 |
| Fuerza de tensión - Anillo superior (Kg) | 3,262.50 |
| Resistencia del C° a usar (Kg/cm²) | 175 |
| Resistencia del C° a la tracción | 12.62 |
| Espesor de pared predimensionado en cm. | 1.32 |
| Espesor de pared adoptado (cms) | 10 |
| Superficie del concreto | 210.61 |
| Chequeo del espesor de pared adoptado | OK |
| Esfuerzo de trabajo del acero fs | 1890.00 |
| ANILLO INFERIOR | |
| Diámetro de varilla a utilizar | 3/8 |
| Area de la varilla a utilizar | 0.71 |
| Area de acero del anillo inferior Asi (cm ²) | 2.64 |
| Espaciamiento predimensionado (cms) | 40.41 |
| Espaciamiento máximo (cms) | 15.00 |
| Espaciamiento adoptado | 15.00 |
| ANILLO SUPERIOR | |
| Area de acero del anillo superior Ass(cm ²) | 1.73 |
| Espaciamiento predimensionado (cms) | 61.70 |
| Espaciamiento máximo (cms) | 15.00 |
| Espaciamiento adoptado (cms) | 15.00 |
| REFUERZO VERTICAL.- | |
| Area del acero vertical (cm ²) | 1.80 |
| Espaciamiento de las varillas verticales | 30.00 |

Diseño del Techo del Tanque

| DESCRIPCION | VALOR |
|---|--------------|
| Longitud de voladizo de losa (cms) | 20 |
| PREDIMENSIONAMIENTO DE ESPESOR DE LOSA | |
| Valor mínimo de espesor de losa | 7.77 |
| Valor máximo de espesor de losa | 8.85 |
| Valor pre dimensionado de espesor de losa | 8.31 |
| Espesor adoptado | 7.5 |
| Carga muerta (Kg/m ²) | 299.37 |
| Carga viva (Kg/m²) | 200 |
| Carga última (Kg/m ²) | 620.82 |
| Momento actuante (Kg-m) | 217.55 |
| I = | 3,515.63 |
| Deflexión máxima actuante por flexión (cm) | 0.82 |
| Deflexión máxima permitida por flexión (cm) | 1.61 |
| Chequeo del espesor por flexión | OK |
| Carga cortante (Kg) | 1,035.22 |
| CANTO EFECTIVO 01 = | |
| CUNT.MAX= | 0.01 |
| d1 (cm) = | 2.31 |
| RECUB d' = | 2 |
| d2 (cms)= | 5.50 |
| CALCULO DEL CANTO EFECTIVO = | |
| d (cms)= | 5.50 |
| Cortante Actuante Nominal (Kg/m ²) = | 995.95 |
| Esfuerzo cortante (Kg/cm ²) = | 2.13 |
| Esfuerzo cortante crítico (Kg/cm ²) = | 7.01 |
| Chequeo de espesor por corte | OK |
| CALCULO DEL AREA DE ACERO (As =) | |
| Diámetro de la varilla a utilizar | 3/8 |
| Area de la varilla a utilizar | 0.71 |
| Espaciamiento predimensionado de varillas | 39 |
| Espaciamiento máximo de varillas | 15 |
| Espaciamiento adoptado | 15.00 |

Diseño del Cimiento Corrido de la Pared del Tanque :

| DESCRIPCION | VALOR |
|---|-----------------|
| Ancho de vereda de protección (m) | 0.3 |
| METRADO DE CARGAS.- | |
| - | 3.70 |
| Carga muerta (Kg/m.l.) | 1,020.00 |
| Carga viva (Kg/m.l.) | 0.00 |
| CARGA TOTAL = | 1,428.00 |
| Capacidad portante del terreno (Kg/cm2) | 1 |
| Ancho predimensionado de cimiento (m) | 0.16 |
| Ancho mínimo de cimiento (m) | 0.30 |
| Ancho adoptado de cimiento (m) | 0.30 |
| Esfuerzo cortante Kg/cm2 | 11.24 |
| Peralte predimensionado | 19.73 |
| Peralte adoptado (cms) | 30 |
| Diámetro de la varilla a utilizar | 3/8 |
| Area de la varilla a utilizar | 0.71 |
| Area de acero con cuantía mínima | 6.58 |
| Distribución de acero de cimiento (cms) | 11 |
| Acero por temperatura | 1.07 |
| Distribución del acero por temperatura (cms) | 25 |

Diseño de la Losa de Fondo:

| DESCRIPCION | VALOR |
|------------------------------------|-----------|
| Espesor de losa (=espesor de muro) | 10.00 |
| Area de acero mínimo (cm2) | 1.80 |
| Varilla a utilizar | 3/8 |
| Distribución predimensionada (cms) | 39.44 |
| Distribución máxima (cms) | 30 |
| Distribución adoptada (cms) | 30 |

RESUMEN

| RESUMEN DE DISEÑO RESERVORIO CILINDRICO | | | | VOL.= | 20 m3 |
|---|-----|--------------------------------|------------------------|-------|-------------------|
| ALTURA NETA TANQUE(AGUA UTIL) | = | 3.00 m. | ESP. LOSA DE TECHO | = | 7.50 cm. |
| ALTURA TOTAL SIN LOSA TECHO | = | 3.25 m. | ESP. LOSA DE FONDO | = | 10.00 cm. |
| ALTURA TOTAL RESERVORIO | = | 3.33 m. | CIMIENTO ANCHO | = | 0.30 m. |
| DIAMETRO INTERIOR | = | 2.90 m. | CIMIENTO ALTURA | = | 19.73 cm. |
| ESPESOR DE PARED TANQUE | = | 0.10 m. | VOLADIZO DE PROTECCION | = | 0.3 m. |
| AREA DE ACERO HORIZ.EN PARED Fe | 3/8 | 01 @.05 + 11 SE UTILIZARA 1 Fe | @ | 0.15 | +REST @ |
| AREA DE ACERO VERT.EN PARED Fe | 3/8 | @ SE UTILIZARA 1 Fe | @ | 0.30 | m. AMBOS SENTIDOS |
| As = TECHO DEL TANQUE Fe | 3/8 | @ SE UTILIZARA 1 Fe | @ | 0.15 | m. |
| As = EN CIMIENTO DEL TANQUE | 3/8 | @ SE UTILIZARA 1 Fe | @ | 0.11 | m. |
| Ast CIMIENTO(Contracción y Temp.) = | 3/8 | @ SE UTILIZARA 1 Fe | @ | 0.25 | m. AMBOS SENTIDOS |
| As = LOSA DE FONDO | 3/8 | @ | @ | 0.30 | m. AMBOS SENTIDOS |

Metrado del Reservorio de Concreto Armado

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|---|--------------|------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|
| 01.01.01 | | CONCRETO EN MUROS DE RESERVORIO, F_c=210 KG/CM² | | | | | Unidad: | m3 |
| Gráfico | Descripción | Cantidad | Alto | (m) | Espesor | Long. | Metrado | |
| | | 1 | 2.90 | | 0.2 | 9.11 | 5.28 | |
| Metrado total (m3) | | | | | | | 5.28 | |
| 01.01.02 | | CONCRETO EN CUPULA DE RESERVORIO, F_c=210 KG/CM | | | | | c | m3 |
| Gráfico | Descripción | Cantidad | Alto | (m) | Espesor | Long. | Metrado | |
| | | 1 | 0.58 | | 0.08 | 9.11 | 0.42 | |
| Metrado total (m3) | | | | | | | 0.42 | |
| 01.01.03 | | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE PARED CIRCULAR RESERVORIO | | | | | Unidad: | m2 |
| Gráfico | Descripción | Cantidad | Alto | (m) | long. | | Metrado | |
| | | 2 | 3 | | 9.11 | | 54.66 | |
| Metrado total (m2) | | | | | | | 54.66 | |
| 01.01.04 | | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE CUPULA | | | | | Unidad: | m2 |
| Gráfico | Descripción | Cantidad | Largo | (m) | ancho(m) | | Metrado | |
| | | 1 | 9.11 | | 1.20 | | 10.93 | |
| Metrado total (m2) | | | | | | | 10.93 | |
| 01.01.05 | | COLOCACION DE ACERO F_y=4200 Kg/cm² EN MURO | | | | | Unidad: | KG |
| Gráfico | Descripción | Cantidad | Long | (m) | Kg/ml | Alto | Metrado | |
| | Ver planilla de acero | | | | | | 38.93 | |
| Metrado total (m2) | | | | | | | 38.93 | |
| 01.01.06 | | ACERO F_y=4200 Kg/cm² EN CUPULA | | | | | Unidad: | KG |
| Gráfico | Descripción | Cantidad | Largo | (m) | Kg/ml | Alto | Metrado | |
| | Ver planilla de acero | | | | | | 21.57 | |
| Metrado total (m2) | | | | | | | 21.57 | |

Anexo C: Diseño y Metrado del reservorio de Ferro-Cemento

- 01.- Datos** Para el calculo de volumen se necesita la dotacion, según la poblacion o el numero de habitantes, en este caso, para esta tesis de investigacion este dato del volumen esta definido.

| | |
|------------------|--------------|
| Q Minimo Horario | 0.000 L/seg. |
| Q maximo Diario | 0.000 L/seg. |
| Q maximo Horario | 0.000 L/seg. |

02.- Volumen Regulado

$$VR= 20.000 \text{ m}^3$$

03.- Volumen Contra Incendio

No es necesario por tener una poblacion menor a 10 000 habitantes

$$VCI= 0.000 \text{ m}^3$$

04.- Volumen Total de Reservorio

$$VT= 20.000 \text{ m}^3$$

| | |
|------------------|-----------------------|
| Volumen Diseño = | 20.000 m ³ |
|------------------|-----------------------|

05.- Dimensionamiento Del Reservorio

La relación del diámetro (d) con la altura de agua (h) varia de:

$$0.5 \leq h/d \leq 3 \quad \text{Según CEPIS/OPS}$$

El volumen almacenado es:

$$V = A * h$$

Donde :

A = Area de la seccion circular del reservorio.

h = Altura de agua almacenada.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

El volumen sera:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

Considerando la relación:

$$\frac{d}{h} = 1 \quad d=h$$

$$V = \frac{\pi * h^3}{4} *$$

Donde :

$$V = 20.000 \text{ m}^3$$

- **Diametro Interior del reservorio**

$$D_i = 2.94 \text{ m}$$

- **Altura de Reservorio**

$$H = 2.94 \text{ m}$$

| PARAMETROS | D/H |
|------------|----------------------|
| RELACION | 1 |
| VOLUMEN | 20.00 m ³ |
| ALTURA | 2.94 m |
| DIAMETRO | 2.94 m |

| | |
|----------------------|----------------------|
| ALTURA CONSIDERADA | 3.00 m |
| DIAMETRO CONSIDERADO | 2.9 m |
| VOLUMEN NETO | 19.82 m ³ |

- **Calculo de la Flecha de la cupula**

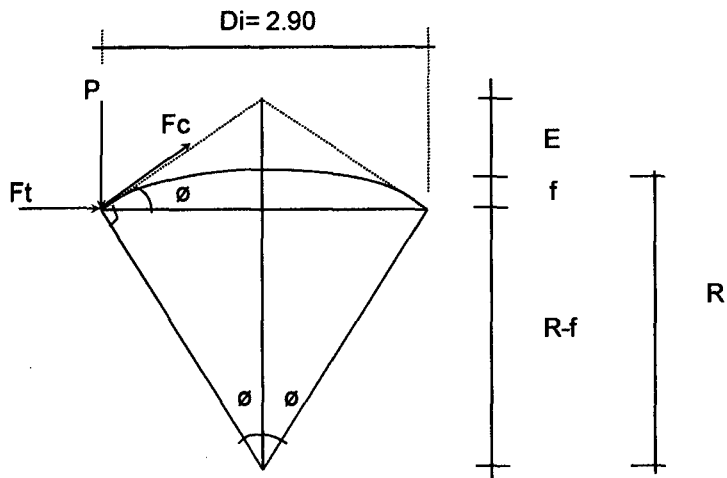
La relacion optima de la flecha con el diametro para domos esfericos esta entre

$$\frac{f}{d} = \frac{1}{10} - \frac{2}{10}$$

Considerando:

$$\frac{f}{d} = \frac{1}{5}$$

$$f = .58$$



- Flecha de tapa

$$f = 0.580 \text{ m}$$

$$0.4$$

- Caculo de "R"

$$R = \frac{D^2}{8 * f} + \frac{f}{2} \quad R = 2.8281 \text{ m}$$

- Caculo de "a"

$$\text{Sen } \phi = 0.513$$

$$\phi = 30.84432^\circ$$

| PARAMETROS | D/H |
|------------|------|
| RELACION | 0.2 |
| Flecha (f) | 0.58 |

| | |
|-------------------------|--------|
| Flecha Considerada | 0.4 |
| ALTURA | 3.00 m |
| DIAMETRO | 2.90 m |
| Relacion Flecha y Diam. | 0.2 |

Calculo del Radio y Angulo Domo

| | |
|-----------|----------|
| RADIO | 2.828 m |
| Angulo R. | 0.538rad |
| Angulo° | 30.844 ° |

- Espesor de Losa de Fondo

$$e_f = 10.00 \text{ cm}$$

- Espesor de Losa de Techo

$$e_t = 5.00 \text{ cm}$$

Calculo Estructural de Reservorio de Ferro-Cemento

01.- DATOS

| | |
|--------------------|-------------------------|
| VOLUMEN DE | 20.000 m ³ |
| ESPECIFICO DE AGUA | 1000 kg/m ³ |
| F'c= | 210 kg/cm ² |
| Fy= | 4200 kg/cm ² |

02.- DIMENSIONES DEL RESERVORIO

H= 3.000 m

D= 2.900 m

BL= 0.000 m

03.- ESPESOR DE PARED

EP= 6.080 cm

Usar: EP= 8.000 cm

04.- ESPESOR DE LOSA DE FONDO

ELF= 5.061 cm

Usar: ELF= 6.000 cm

05.- ESPESOR DE LOSA DE TECHO

ELT= 3.061 cm

Usar: ELT= 5.000 cm

06.- REFUERZO LONGITUNAL DE PARED

AREA DE ACERO

As= 1.036 cm²

AREA DE ACERO MINIMO

Asmin.= 2.667 cm²

| |
|---|
| Usar : ø N°02 @ 0.12 m (As=2.96 cm ²) |
|---|

Metrado – Reservoirio De Ferro – Cemento

| METRADO DE RESERVIORIO DE FERRO - CEMENTO | | | | | | | | |
|--|---|-------------|-----------------|-----------|------------|----------|----------------|--------------|
| TESIS | COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y COSTO DE UN RESERVIORIO CIRCULAR DE FERRO - CEMENTO Y UNO DE CONCRETO ARMADO | | | | | | | |
| Ubicación | ZONA RURALES DE LA PRIVINCIA DE JAEN | | | | | | | |
| Fecha | OCTUBRE 2014 | | | | | | | |
| COD | DESCRIPCION | Und. | Cantidad | L | A | H | Metrado | Total |
| 01. 01. 00 | RESERVIORIO 20 M3 | | | D= | 2.9 | | | |
| 01. 01. 01 | Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 | | m3 | | | | | 2.64 |
| | Muros | 1 | | 9.11 | 0.08 | 3.00 | 2.19 | |
| | cupula | 1 | | Area= | 0.46 | | 0.46 | |
| 01. 01. 02 | Encofrado y desencofrado normal | | m2 | | | | | 27.79 |
| | Muros | 1 | | 9.11 | | 3.00 | 27.33 | |
| | cupula | 1 | | Area= | 0.46 | | 0.46 | |
| 01. 01. 03 | Malla Hexagonal de gallinero 1" | | m2 | | | | | 82.00 |
| | Muros | 1 | | 27.33 | | 3.00 | 82.00 | |

Anexo D: Análisis de costos unitarios.

Tabla N° 25. Costo Unitario R-20 m3 - Concreto Armado
Encofrado y Desencofrado - Muros

| Partida: 01.01.01 Encofrado y Desencofrado | | | Rendimiento: 12m ² /día | | | | |
|--|---------------------|-------|------------------------------------|----------|---------------------------|--------------|--------------|
| Desc : Colocación de Encofrados en Muros | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 40.21 | | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| | MATERIALES | | | | | | 19.51 |
| | Madera Tornillo | p2 | | 3.75 | 4.92 | 18.45 | |
| | Clavos de 3 ½" | Kg | | 0.07 | 3.94 | 0.28 | |
| | Alambre Negro # 8 | Kg | | 0.20 | 3.94 | 0.79 | |
| | MANO DE OBRA | | | | | | 19.71 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.6667 | 15.92 | 10.61 | |
| | Oficial | H.H. | 1 | 0.6667 | 13.65 | 9.10 | |
| | EQUIPO | | | | | | 0.99 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 19.71 | 0.99 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 40.21 | |

Tabla N° 26. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Muros-Concreto f'c=210 Kg/cm2

| Partida: 01.01.02 Concreto f'c = 210 Kg/cm2 | | | | Rendimiento: 10m ³ /día | | | |
|--|------------------------------------|-------|-----------|------------------------------------|-----------------|------------|---------------|
| Desc : Colocación de Concreto f'c=210 Kg/cm2 | | | | Unidad: m3 | Costo Unitario: | S/. 419.33 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 233.63 |
| | Arena Gruesa | m3 | | 0.52 | 57.40 | 29.85 | |
| | Cemento portland tipo I (42.00Kg) | bis | | 9.73 | 18.04 | 175.53 | |
| | Piedra Chancada de ½" | m3 | | 0.53 | 53.30 | 28.25 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 156.71 |
| | Operario | H.H. | 2.00 | 1.60 | 15.92 | 25.47 | |
| | Oficial | H.H. | 3.00 | 2.40 | 13.65 | 32.76 | |
| | Peón | H.H. | 10.00 | 8.00 | 12.31 | 98.48 | |
| EQUIPO | | | | | | | 21.16 |
| | Mezclador de concreto tambor 16 p3 | H.M. | 1.00 | 0.80 | 15.58 | 12.46 | |
| | Vibrador de 2", 4HP | H.M. | 1.00 | 0.40 | 21.73 | 8.69 | |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 156.71 | 7.84 | 7.84 |
| COSTO UNITARIO | | | | | | | 419.33 |

Tabla N° 27. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Muros – Colocación de Acero

| Partida: 01.01.03 Colocación de Acero f'y = 4200 Kg/cm2 | | | | | Rendimiento: 250.00 Kg /día | | |
|---|-------------------------|-------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| Desc : Colocación de Aceros en Muros | | | | | Unidad: kg | Costo Unitario: | S/. 21.58 |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 20.59 |
| | Acero corrugado de 1/2" | Kg | | 1.07 | 19.02 | 9.07 | |
| | Alambre Negro # 16 | Kg | | 0.06 | 3.94 | 0.24 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 0.95 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.0320 | 15.92 | 0.51 | |
| | Peón | H.H. | 1 | 0.030 | 13.65 | 0.44 | |
| EQUIPO | | | | | | | 0.05 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 0.95 | 0.05 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 21.58 | |

Tabla N° 28. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Cúpula – Encofrado y Desencofrado

| Partida: 01.01.01 Encofrado y Desencofrado | | | | Rendimiento: 12m ² /día | | | |
|--|---------------------|-------|-----------|------------------------------------|--------|---------------------------|--------------|
| Desc : Colocación de Encofrados en Cúpula | | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 40.21 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| | MATERIALES | | | | | | 19.51 |
| | Madera Tornillo | p2 | | 3.75 | 4.92 | 18.45 | |
| | Clavos de 3 ½" | Kg | | 0.07 | 3.94 | 0.28 | |
| | Alambre Negro # 8 | Kg | | 0.20 | 3.94 | 0.79 | |
| | MANO DE OBRA | | | | | | 19.71 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.6667 | 15.92 | 10.61 | |
| | Oficial | H.H. | 1 | 0.6667 | 13.65 | 9.10 | |
| | EQUIPO | | | | | | 0.99 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 19.71 | 0.99 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 40.21 | |

Tabla N° 29. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Cúpula - Concreto f_c=210 Kg/cm²

| Partida: 01.01.02 Concreto f _c = 210 Kg/cm ² | | Rendimiento: 10m ³ /día | | | | | |
|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------------|--------|---------------|---------------|
| Desc : Colocación Concreto f _c =210 Kg/cm ² | | Unidad: m3 | | Costo Unitario: | | S/. 419.33 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 233.63 |
| | Arena Gruesa | m3 | | 0.52 | 57.40 | 29.85 | |
| | Cemento portland tipo I (42.00Kg) | bls | | 9.73 | 18.04 | 175.53 | |
| | Piedra Chancada de ½" | m3 | | 0.53 | 53.30 | 28.25 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 156.71 |
| | Operario | H.H. | 2.00 | 1.60 | 15.92 | 25.47 | |
| | Oficial | H.H. | 3.00 | 2.40 | 13.65 | 32.76 | |
| | Peón | H.H. | 10.00 | 8.00 | 12.31 | 98.48 | |
| EQUIPO | | | | | | | 21.16 |
| | Mezclador de concreto tambor 16 p3 | H.M. | 1.00 | 0.80 | 15.58 | 12.46 | |
| | Vibrador de 2", 4HP | H.M. | 1.00 | 0.40 | 21.73 | 8.69 | |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 156.71 | 7.84 | 7.84 |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 419.33 | |

Tabla N° 30. Costo Unitario R-20 m3- Concreto Armado Cúpula – Colocación de Acero

| Partida: 01.01.03 Colocación de Acero f'y = 4200 Kg/cm2 | | | | | Rendimiento: 250.00 Kg /día | | |
|---|-------------------------|-------|-----------|------------|-----------------------------|------------------|--------------|
| Desc : Colocación de Aceros en Cúpula | | | | Unidad: kg | Costo Unitario: | S/. 21.58 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 20.59 |
| | Acero corrugado de 1/2" | Kg | | 1.07 | 19.02 | 9.07 | |
| | Alambre Negro # 16 | Kg | | 0.06 | 3.94 | 0.24 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 0.95 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.0320 | 15.92 | 0.51 | |
| | Peón | H.H. | 1 | 0.030 | 13.65 | 0.44 | |
| EQUIPO | | | | | | | 0.05 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 0.95 | 0.05 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 21.58 | |

Tabla N° 31. Costo Unitario R-20 m3 – Ferro – Cemento, Encofrado y Desencofrado - Muros

| Partida: 01.01.01 Encofrado y Desencofrado | | | | Rendimiento: 12m ² /día | | | |
|--|---------------------|-------|-----------|------------------------------------|--------|---------------------------|--------------|
| Desc : Colocación de Encofrados en Muro | | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 40.21 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| | MATERIALES | | | | | | 19.51 |
| | Madera Tornillo | p2 | | 3.75 | 4.92 | 18.45 | |
| | Clavos de 3 ½" | Kg | | 0.07 | 3.94 | 0.28 | |
| | Alambre Negro # 8 | Kg | | 0.20 | 3.94 | 0.79 | |
| | MANO DE OBRA | | | | | | 19.71 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.6667 | 15.92 | 10.61 | |
| | Oficial | H.H. | 1 | 0.6667 | 13.65 | 9.10 | |
| | EQUIPO | | | | | | 0.99 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 19.71 | 0.99 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 40.21 | |

Tabla N° 32. Costo Unitario R-20 m3- Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 en Muros - Ferro - Cemento

| Partida: 01.01.02 Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 | | | | Rendimiento: 2.00m ³ /día | | | |
|--|-----------------------------------|-------|-----------|--------------------------------------|--------|----------------------------|---------------|
| Desc : Colocación Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 | | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 881.70 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 313.57 |
| | Arena Finar | m3 | | 1.2 | 50.84 | 61.01 | |
| | Cemento portland tipo I (42.00Kg) | bls | | 14.00 | 18.04 | 252.56 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 541.08 |
| | Operario | H.H. | 3.00 | 12.00 | 15.92 | 191.04 | |
| | Oficial | H.H. | 1.00 | 4.00 | 13.65 | 54.60 | |
| | Peón | H.H. | 6.00 | 24.00 | 12.31 | 295.44 | |
| EQUIPO | | | | | | | 27.05 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 541.08 | 27.05 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 881.71 | |

Tabla N° 33. Costo Unitario R-20 m3- Malla de Gallinero en Muros - Ferro - Cemento

| Partida: 01.01.03 Malla de Alambre Hexagonal | | Rendimiento: 40.00m ² /día | | | | | |
|--|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------------|--------|--------------|-------------|
| Desc : Colocación Malla de Alambre Hexagonal | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: | | S/. 15.55 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 9.63 |
| | Malla Hexagonal para Gallinero 1" | m3 | | 4.28 | 2.12 | 9.07 | |
| | Alambre Galvanizado # 16 | Kg | | 0.14 | 3.94 | 0.55 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 5.65 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.20 | 15.92 | 3.18 | |
| | Peón | H.H. | 1 | 0.20 | 12.31 | 2.46 | |
| EQUIPO | | | | | | | 0.28 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 5.65 | 0.28 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 15.55 | |

Tabla N° 34. Costo Unitario R-20 m3 – Ferro – Cemento, Encofrado y Desencofrado - Cúpula

| Partida: 01.01.01 Encofrado y Desencofrado | | | | Rendimiento: 12m ² /día | | | |
|--|---------------------|-------|-----------|------------------------------------|--------|---------------------------|--------------|
| Desc : Colocación de Encofrados en Cúpula | | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 40.21 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| | MATERIALES | | | | | | 19.51 |
| | Madera Tornillo | p2 | | 3.75 | 4.92 | 18.45 | |
| | Clavos de 3 1/2" | Kg | | 0.07 | 3.94 | 0.28 | |
| | Alambre Negro # 8 | Kg | | 0.20 | 3.94 | 0.79 | |
| | MANO DE OBRA | | | | | | 19.71 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.6667 | 15.92 | 10.61 | |
| | Oficial | H.H. | 1 | 0.6667 | 13.65 | 9.10 | |
| | EQUIPO | | | | | | 0.99 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 19.71 | 0.99 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 40.21 | |

Tabla N° 35. Costo Unitario R-20 m3- Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 en Cúpula - Ferro - Cemento

| Partida: 01.01.02 Champeado de Concreto fc'=160 kg/cm2 | | | | Rendimiento: 2.00m ³ /día | | | |
|--|-----------------------------------|-------|-----------|--------------------------------------|--------|----------------------------|---------------|
| Desc : Colocación Concreto fc'=160 kg/cm2 | | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 881.70 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 313.57 |
| | Arena Finar | m3 | | 1.2 | 50.84 | 61.01 | |
| | Cemento portland tipo I (42.00Kg) | bls | | 14.00 | 18.04 | 252.56 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 541.08 |
| | Operario | H.H. | 3.00 | 12.00 | 15.92 | 191.04 | |
| | Oficial | H.H. | 1.00 | 4.00 | 13.65 | 54.60 | |
| | Peón | H.H. | 6.00 | 24.00 | 12.31 | 295.44 | |
| EQUIPO | | | | | | | 27.05 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 541.08 | 27.05 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 881.71 | |

Tabla N° 36. Costo Unitario R-20 m3- Malla de Gallinero en Cúpula - Ferro – Cemento.

| Partida: 01.01.03 Malla de Alambre Hexagonal | | | | Rendimiento: 40.00m ² /día | | | |
|--|-----------------------------------|-------|-----------|---------------------------------------|--------|----------------------------------|-------------|
| Desc : Colocación Malla de Alambre Hexagonal | | | | Unidad: m2 | | Costo Unitario: S/. 15.55 | |
| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | SUB TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | | 9.63 |
| | Malla Hexagonal para Gallinero 1" | m3 | | 4.28 | 2.12 | 9.07 | |
| | Alambre Galvanizado # 16 | Kg | | 0.14 | 3.94 | 0.55 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | 5.65 |
| | Operario | H.H. | 1 | 0.20 | 15.92 | 3.18 | |
| | Peón | H.H. | 1 | 0.20 | 12.31 | 2.46 | |
| EQUIPO | | | | | | | 0.28 |
| | Herramientas | %M.O. | | 5.00 | 5.65 | 0.28 | |
| COSTO UNITARIO | | | | | | 15.55 | |

Anexo E. Hoja de Presupuesto

Tabla N° 21. Actividades consideradas para el presupuesto del reservorio de concreto armado.

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | Und |
|-----------------------------------|---|------------|
| 1 | Reservorio de Ferro - Cemento | |
| 1.01 | Muro | |
| 01.01.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 |
| 01.01.02 | Champeado de Concreto $f_c'=160$ kg/cm2 | m3 |
| 01.01.03 | Malla de Alambre Hexagonal | m2 |
| 1.02 | Cupula | |
| 01.02.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 |
| 01.02.02 | Champeado de Concreto $f_c'=160$ kg/cm2 | m2 |
| 01.02.03 | Malla de Alambre Hexagonal | m2 |
| TOTAL COSTO DIRECTO (CD) | | |

Tabla N° 22. Actividades consideradas para el Presupuesto del Reservorio de
 Concreto Armado

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | Und |
|----------|--|-----|
| 1 | Reservorio de Concreto Armado | |
| 1.01 | Muro | |
| 01.01.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 |
| 01.01.02 | Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | m3 |
| 01.01.03 | Colocación de Acero $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ | kg |
| 1.02 | Cúpula | |
| 01.02.01 | Encofrado y Desencofrado | m2 |
| 01.02.02 | Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | m3 |
| 01.02.03 | Colocación de Acero $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ | kg |

Anexo F. Cotización - Materiales en La Provincia de Jaén

| N° | DESCRIPCION | UND | CANT | DIST. SAN IGNACIO | VRILL TRADING | PRECIO |
|----|--|-----|------|----------------------|------------------|---------|
| 1 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | kg | 1 | 5.00 | 4.50 | 4.5 |
| 2 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8 | kg | 1 | 5.00 | 4.50 | 4.5 |
| 3 | CLAVOS PARA MADERA C/C 3", 2 1/2", 2" | kg | 1 | 5.00 | 4.50 | 4.5 |
| 4 | CLAVOS PARA CALAMINA | kg | 1 | 6.00 | 6.50 | 6.0 |
| 5 | ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60 | kg | 1 | 2.90 | 3.00 | 2.9 |
| 6 | ARENA FINA | m3 | 1 | 120.00 | 130.00 | 120.0 |
| 7 | PIEDRA CHANCADA DE 1/2" | m3 | 1 | 140.00 | 150.00 | 140.0 |
| 8 | PIEDRA CHANCADA DE 3/4" | m3 | 1 | 140.00 | 150.00 | 140.0 |
| 9 | PIEDRA GRANDE DE 8" | m3 | 1 | 80.00 | 60.00 | 60.0 |
| 10 | ARENA GRUESA | m3 | 1 | 130.00 | 150.00 | 130.0 |
| 11 | LAVATORIO BLANCO 23X17 C/ACCES Y MEZCLA. | und | 1 | 100.00 | 100.00 | 100.0 |
| 12 | INODORO BAJO BLANCO | und | 1 | 160.00 | 160.00 | 160.0 |
| 13 | DUCHA CROMADA | und | 1 | 25.00 | 20.00 | 20.0 |
| 14 | LADRILLO PASTELERO HECHO MAQU. 25cm x 25cm | und | 1 | 0.85 | 0.80 | 0.8 |
| 15 | LADRILLO DE ARCILLA | pza | 1 | 0.70 | 0.65 | 0.6 |
| 16 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) | BOL | 1 | 22.80 | 23.00 | 22.8 |
| 17 | CAJA CONCRETO PARA DESAGUE 0.60 x 0.30m V/FLET | und | 1 | 30.00 | 35.00 | 30.0 |
| 18 | YESO EN BOLSAS DE 25 KG. | BOL | 1 | 2.00 | 3.00 | 2.0 |
| 19 | IMPERMEABILIZANTE CHEMA 1 | gln | 1 | 30.00 | 25.00 | 25.0 |
| 20 | BIODIGESTOR AUTO LIMPIABLE 600 LTS, INC ACCESORIOS | pza | 1 | 1,200.00 | 1,150.00 | 1,150.0 |
| 21 | PEGAMENTO PARA PVC | gln | 1 | 89.00 | 90.00 | 89.0 |
| 22 | CINTA PLASTICA PARA SEÑAL DE SEGURIDAD DE OBRA | m | 1 | 0.05 | 0.05 | 0.0 |
| 23 | CASCOS | und | 1 | 15.00 | 14.30 | 14.3 |
| 24 | GUANTES | und | 1 | 14.00 | 12.40 | 12.4 |
| 25 | LENTES | PAR | 1 | 8.00 | 5.40 | 5.4 |
| 26 | CHALECOS | und | 1 | 15.00 | 14.30 | 14.3 |
| 27 | JUNTA INPER WATER STOP NEOPRENE 6" | m | 1 | 20.00 | 17.50 | 17.5 |
| 28 | CAJA DE CONCRETO P/VALVULA 1/2" | und | 1 | 45.00 | 35.00 | 35.0 |
| 29 | HORMIGON | m3 | 1 | 80.00 | 60.00 | 60.0 |
| 30 | TRIPLAY DE 4'x8'x 6 mm | pln | 1 | 25.00 | 30.00 | 25.0 |
| 31 | MALLA ELECTROSOLDADA ALAMBRE GALV. N° 10 | m2 | 1 | 50.00 | 60.00 | 50.0 |
| 32 | MALLA HEXAGONAL TIPO GALLINERO 5/8" | m2 | 1 | 20.00 | 30.00 | 20.0 |

Anexo G. Tabla para determinar el coeficiente c para la comprobación teórica.

Table A-2—Moments in cylindrical wall

Mom. = coef. $\times wH^3$ ft-lb per ft

Positive sign indicates tension in the outside

| $\frac{H^2}{D_t}$ | Coefficients at point | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0.1H | 0.2H | 0.3H | 0.4H | 0.5H | 0.6H | 0.7H | 0.8H | 0.9H | 1.0H |
| 0.4 | +0.0005 | +0.0014 | +0.0021 | +0.0007 | -0.0042 | -0.0160 | -0.0302 | -0.0529 | -0.0616 | -0.1205 |
| 0.8 | +0.0011 | +0.0037 | +0.0063 | +0.0080 | +0.0070 | +0.0023 | -0.0068 | -0.0224 | -0.0465 | -0.0765 |
| 1.2 | +0.0012 | +0.0042 | +0.0077 | +0.0103 | +0.0112 | +0.0090 | +0.0022 | -0.0108 | -0.0311 | -0.0602 |
| 1.6 | +0.0011 | +0.0041 | +0.0075 | +0.0107 | +0.0121 | +0.0111 | +0.0059 | -0.0051 | -0.0232 | -0.0505 |
| 2.0 | +0.0010 | +0.0035 | +0.0068 | +0.0099 | +0.0120 | +0.0115 | +0.0075 | -0.0021 | -0.0185 | -0.0436 |
| 3.0 | +0.0006 | +0.0024 | +0.0047 | +0.0071 | +0.0090 | +0.0097 | +0.0077 | +0.0012 | -0.0119 | -0.0333 |
| 4.0 | +0.0003 | +0.0015 | +0.0028 | +0.0047 | +0.0066 | +0.0077 | +0.0069 | +0.0023 | -0.0080 | -0.0268 |
| 5.0 | +0.0002 | +0.0008 | +0.0016 | +0.0029 | +0.0046 | +0.0059 | +0.0059 | +0.0028 | -0.0058 | -0.0222 |
| 6.0 | +0.0001 | +0.0003 | +0.0008 | +0.0019 | +0.0032 | +0.0046 | +0.0051 | +0.0029 | -0.0041 | -0.0167 |
| 8.0 | .0000 | +0.0001 | +0.0002 | +0.0008 | +0.0016 | +0.0028 | +0.0038 | +0.0029 | -0.0022 | -0.0146 |
| 10.0 | .0000 | .0000 | +0.0001 | +0.0004 | +0.0007 | +0.0019 | +0.0029 | +0.0028 | -0.0012 | -0.0122 |
| 12.0 | .0000 | -0.0000 | +0.0001 | +0.0002 | +0.0003 | +0.0013 | +0.0023 | +0.0026 | -0.0005 | -0.0104 |
| 14.0 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 | +0.0001 | +0.0008 | +0.0019 | +0.0023 | -0.0001 | -0.0090 |
| 16.0 | .0000 | .0000 | -0.0001 | -0.0002 | -0.0001 | +0.0004 | +0.0013 | +0.0019 | +0.0001 | -0.0079 |