

DISEÑO Y ESTUDIOS PRELIMINARES DE UN TANQUE ELEVADO  
CUADRADO PARA LA FINCA DE LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE  
COLOMBIA SEDE VILLAVICENCIO

ANÁLISIS SISTEMÁTICO DE LITERATURA

CAROL SCHMITT ROJAS CARRANZA

OSCAR JAVIER PATIÑO GUTIERREZ

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

VILLAVICENCIO

2018

DISEÑO Y ESTUDIOS PRELIMINARES DE UN TANQUE ELEVADO  
CUADRADO PARA LA FINCA DE LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE  
COLOMBIA SEDE VILLAVICENCIO

CAROL SCHMITT ROJAS CARRANZA

OSCAR JAVIER PATIÑO GUTIERREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

ING. ALEJANDRO NOVOA CASTRO  
Asesor Metodológico  
Ingeniero Agrícola Esp. Recursos Hídricos

ING. SAULO ANDRÉS OLARTE BURITICA  
Asesor Técnico  
Msc, Ingeniero Civil con Énfasis en Estructuras

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

VILLAVICENCIO

2018

**Autoridades Académicas Universidad Cooperativa de Colombia**

Dra. Maritza Rondón Rangel

Rectora Nacional

Dr. Cesar Augusto Pérez Londoño

Director Académico sede Villavicencio

Dra. Ruth Edith Muñoz

Directora Administrativa

Ing. Raúl Alarcón Bermúdez

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. María Lucrecia Ramírez Suárez

Jefe de Programa

Ing. Nelson González Rojas.

Coordinador de Investigación Programa de Ingeniería Civil

## **Advertencia**

La Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, no se hace responsable por los conceptos emitidos por los autores.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

## **Dedicatorias**

Dedico este proyecto de grado a Dios quien me ha permitido estar en esta instancia, por haberme bendecido con salud y sabiduría para lograr mis objetivos como estudiante y persona durante la carrera que me ha ayudado tomar las mejores decisiones para poder sobrellevar los retos que he tenido durante mi carrera.

A mis padres Sandra Gutiérrez y Aníbal Patiño quien sin el apoyo de ellos tanto moral como económico no hubiese sido posible llegar hasta este momento, quienes, con su esfuerzo y dedicación al criarme con valores, amor y paciencia, me inspiraron para esforzarme cada día y superar mis obstáculos.

A mis hermanos Brayan, Yenny y Wilmer quienes me apoyaron y me inspiraron moralmente para sobrellevar las dificultades durante estos 5 años de estudio.

A mi compañera Carol Rojas quien me dio su amor, apoyo y dedicación durante mi carrera y la elaboración de este proyecto de grado.

*Oscar Javier Patiño Gutiérrez.*

Dedico este trabajo a Dios por la vida, por permitirme culminar esta carrera, por las experiencias y conocimientos adquiridos.

A mi hermosa madre Nelly Carranza por traerme a la vida, por su paciencia, amor y apoyo incondicional, sin importar nuestras distintas formas de pensar, por su esfuerzo y sacrificio para darme la mejor educación, por criarme con principios y valores, por orientarme a ser una mujer responsable, de grandes virtudes.

A mi única hermana Fayerly Rojas y a mis sobrinos Zaira y Leandro, por el apoyo brindado por complementar mi vida y felicidad, por el cariño y la compañía que me brindan cada día.

A mi compañero Oscar Patiño por su gran apoyo y dedicación en este trabajo, por trasmitirme sus conocimientos y por brindarme su amor y cariño y ayudarme a mejorar como ser humano.

Y a todas las personas que creyeron en mí, y aportaron un granito de arena para que fuese posible concluir mi carrera universitaria.

*Carol Schmitt Rojas Carranza.*

## **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo expresan sus más sinceros agradecimientos a:

A nuestro asesor metodológico el ingeniero Alejandro Novoa, por estar siempre dispuesto y atento ante cualquier duda e inquietud que teníamos, por transmitirnos sus experiencias y conocimientos durante la carrera y el desarrollo del trabajo de grado.

A nuestro asesor técnico el ingeniero Saulo Olarte, por su acompañamiento y dedicación durante el desarrollo de este proyecto, porque de manera gentil despejaba nuestras dudas, por hacernos personas con gusto por la investigación, por ayudarnos en la participación en la Red Colsi, y alcanzar la clasificación a nivel nacional.

Al ingeniero Olivo Manzares, John Duque, Heli Garzón, Juan Manuel Cruz, Nelson González y todos los ingenieros que nos impartieron clases en el transcurso de la carrera, dejando una gran huella en nosotros por sus conocimientos y experiencias compartidas.

Al Decano el ingeniero Raúl Alarcón, a la jefe de programa la ingeniera María Lucrecia, por la atención brindada ante cualquier solicitud.

A la Universidad Cooperativa de Colombia por permitirnos prepararnos en sus instalaciones y ser futuros profesionales.

Y a todas aquellas personas, amigos y compañeros que estuvieron siempre con nosotros dispuestos a ayudarnos.

## Contenido

Resumen .....	I
Introducción.....	II
1. Generalidades del proyecto .....	IV
1.1. Planteamiento del problema.....	IV
1.2. Justificación .....	V
1.3. Objetivos.....	VI
1.3.1. Objetivo general .....	VI
1.3.2. Objetivos específicos.....	VI
2. Marco referencial .....	1
2.1. Marco contextual.....	1
2.1.1. Localización .....	1
2.2. Marco legal .....	3
2.3. Marco teórico .....	5
2.3.1. Parámetros sísmicos.....	5
2.3.2. Espectro de diseño.....	10
2.3.3. Método de la fuerza horizontal equivalente.....	10
2.3.4. Verificación de las derivas.....	12
2.3.5. Principio de superposición.....	13
2.3.6. Método de la resistencia ultima .....	15
2.3.7. Diseño de columnas .....	23
2.3.8. Diseño de losas armadas en dos direcciones.....	28
2.3.9. Diseño de cimentaciones.....	32
2.4. Marco conceptual.....	36
3. Diseño metodológico .....	40
3.1. Tipo de investigación .....	40
3.2. Desarrollo del proyecto .....	41
3.2.1. Fase 1. Localización.....	41
3.2.2. Fase 2. Exploración del subsuelo.....	41
3.2.3. Fase 3. Pre dimensionamiento.....	42
3.2.4. Fase 4. Análisis sísmico.....	43
3.2.5. Fase 5. Cálculo de la fuerza del sismo.....	44
3.2.6. Fase 6. Análisis de cargas.....	45
3.2.7. Fase 7. Simulación.....	45
3.2.8. Fase 8. Diseño de las vigas.....	46

3.2.9.	Fase 9. Diseño de columnas. ....	46
3.2.10.	Fase 10. Diseño de las losas en dos direcciones. ....	47
3.2.11.	Fase 11. Diseño de cimentaciones. ....	47
3.2.12.	Fase 12. Diseño de los muros. ....	47
3.2.13.	Fase 13. Realización de los planos finales. ....	48
4.	Cálculos y resultados .....	48
4.1.	Análisis sísmico. ....	48
4.1.1.	Análisis de cargas. ....	56
4.1.2.	Cálculo de la fuerza sísmica por el método de la fuerza horizontal equivalente. ....	58
4.1.3.	Verificación de las derivas. ....	60
4.2.	Cálculo para el diseño de los elementos. ....	73
4.2.1.	Diseño a flexión. ....	73
4.2.2.	Cálculos para el diseño a Cortante de las vigas. ....	92
4.2.3.	Cálculo para el diseño de las columnas por carga axial y momento. ....	108
4.2.4.	Cálculo para el diseño de las columnas por cortante. ....	110
4.3.	Tanque. ....	119
4.3.1.	Cálculo para el diseño de la losa base. ....	119
4.3.2.	Cálculo para el diseño de los muros. ....	122
4.4.	Diseño de la cimentación. ....	126
5.	Análisis de resultados.....	129
5.1.	Dimensionamiento. ....	129
5.2.	Diseño de los elementos. ....	130
5.2.1.	Diseño de vigas. ....	130
5.2.2.	Diseño de columnas. ....	130
5.3.	Tanque. ....	130
5.3.1.	Diseño de losa en dos direcciones. ....	130
5.3.2.	Diseño de muros.....	131
5.4.	Cimentación. ....	132
	Recomendaciones .....	133
	Conclusiones.....	134
	Referencias .....	135
	Anexos.....	136
	Anexo A. Simulación.....	137
	Anexo B. Planos constructivos y de Detalles. ....	157
	Anexo C. Exploración del subsuelo. ....	158



**Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1. Ubicación de la finca La Vitrina.....	2
Ilustración 2. Límites del municipio Villavicencio.....	2
Ilustración 3. Mapa de amenaza sísmica.....	7
Ilustración 4. Demostración gráfica del actuar del momento en las vigas.....	17
Ilustración 5. Demostración gráfica de las deformaciones y esfuerzos. ....	26
Ilustración 6. Demostración gráfica del esfuerzo en el concreto. ....	26
Ilustración 7. Descripción grafica de la ubicación del proyecto, en las fotografías de la derecha e izquierda se muestra el lugar de construcción y en la derecha las coordenadas del lugar.....	41
Ilustración 8. Descripción grafica de la exploración del subsuelo, en estas fotografías se está realizando el ensayo estándar SPT.....	42
Ilustración 9 Pre diseño de la estructura. ....	43
Ilustración 10. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 10.13 metros.....	73
Ilustración 11. Descripción grafica del diseño de la viga 29 por flexión.....	74
Ilustración 12. Descripción grafica del diseño de la viga 30 por flexión.....	75
Ilustración 13. Descripción grafica del diseño de la viga 31 por flexión.....	76
Ilustración 14. Descripción grafica del diseño de la viga 32 por flexión.....	77
Ilustración 15. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 7.5 metros.....	78
Ilustración 16. Descripción grafica del diseño de la viga 28 por flexión.....	79
Ilustración 17. Descripción grafica del diseño de la viga 27 por flexión.....	80
Ilustración 18. Descripción grafica del diseño de la viga 26 por flexión.....	81
Ilustración 19. Descripción grafica del diseño de la viga 25 por flexión.....	82

Ilustración 20. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 5 metros.....	82
Ilustración 21. Descripción grafica del diseño de la viga 24 por flexión.....	83
Ilustración 22. Descripción grafica del diseño de la viga 23 por flexión.....	84
Ilustración 23. Descripción grafica del diseño de la viga 22 por flexión.....	85
Ilustración 24. Descripción grafica del diseño de la viga 21 por flexión.....	86
Ilustración 25. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 2.5 metros.....	87
Ilustración 26. Descripción grafica del diseño de la viga 20 por flexión.....	88
Ilustración 27. Descripción grafica del diseño de la viga 19 por flexión.....	89
Ilustración 28. Descripción grafica del diseño de la viga 18 por flexión.....	90
Ilustración 29. Descripción grafica del diseño de la viga 17 por flexión.....	91
Ilustración 30. Descripción grafica del diseño del elemento 32 por cortante. ....	92
Ilustración 31. Descripción grafica del diseño del elemento 31 por cortante. ....	93
Ilustración 32. Descripción grafica del diseño del elemento 30 por cortante. ....	94
Ilustración 33. Descripción grafica del diseño del elemento 29 por cortante. ....	95
Ilustración 34. Descripción grafica del diseño del elemento 28 por cortante. ....	96
Ilustración 35. Descripción grafica del diseño del elemento 27 por cortante. ....	97
Ilustración 36. Descripción grafica del diseño del elemento 26 por cortante. ....	98
Ilustración 37. Descripción grafica del diseño del elemento 25 por cortante. ....	99
Ilustración 38. Descripción grafica del diseño del elemento 24 por cortante. ....	100
Ilustración 39. Descripción grafica del diseño del elemento 23 por cortante. ....	101
Ilustración 40. Descripción grafica del diseño del elemento 22 por cortante. ....	102
Ilustración 41. Descripción grafica del diseño del elemento 24 por cortante. ....	103
Ilustración 42. Descripción grafica del diseño del elemento 20 por cortante. ....	104

Ilustración 43. Descripción grafica del diseño del elemento 19 por cortante. ....	105
Ilustración 44. Descripción grafica del diseño del elemento 18 por cortante. ....	106
Ilustración 45. Descripción grafica del diseño del elemento 17 por cortante. ....	107
Ilustración 46. Descripción grafica del diseño de las columnas por carga axial y momento. .....	109
Ilustración 47. Demostración grafica de las columnas 1, 5, 9 y 13.....	110
Ilustración 48. Descripción grafica del diseño por cortante de las columnas 1, 5, 9 y 13. .....	112
Ilustración 49. Demostración grafica de las columnas 2, 6, 10 y 14.....	113
Ilustración 50. Descripción grafica del diseño por cortante de las columnas 2, 6, 10 y 14. .....	114
Ilustración 51. Demostración grafica de las columnas 3, 7, 11 y 15.....	115
Ilustración 52. Descripción grafica del diseño por cortante de las columnas 3, 7, 11 y 15. .....	116
Ilustración 53. Demostración grafica de las columnas 4, 8, 12 y 16.....	117
Ilustración 54. Descripción grafica del diseño por cortante de las columnas 4, 8, 12 y 16. .....	118
Ilustración 55. Descripción grafica del análisis de cargas en el tanque. ....	119
Ilustración 56. Descripción grafica de la losa en dos direcciones, perfil. ....	121
Ilustración 57. Descripción grafica en planta de la losa en dos direcciones. ....	121
Ilustración 58. Descripción grafica de la distribución del acero en los muros. ....	123
Ilustración 59. Descripción grafica de la colocación de los ganchos.....	124

Ilustración 60.Descripción grafica del tanque en planta donde se muestra cómo se debe disponer el acero para evitar las fisuras en las esquinas del tanque.....	125
Ilustración 61. Diseño de la tapa del tanque. ....	125
Ilustración 62. Demostración grafica de la cimentación.....	126
Ilustración 63.Descripcion grafica del diseño de la zapata. ....	128
Ilustración 64. Descripción grafica de la simulación del tanque en planta en la altura $Z=0$ . .....	137
Ilustración 65. Descripción grafica de la simulación del tanque en planta en la altura $Z=2.5$ . .....	138
Ilustración 66. Descripción grafica de la simulación del tanque en planta en la altura $Z=5$ . .....	139
Ilustración 67. Descripción grafica de la simulación del tanque en planta en la cota $Z=7.5$ . .....	140
Ilustración 68. Descripción grafica de la simulación del tanque en planta en la cota $Z=10.13$ . ....	141
Ilustración 69. Descripción grafica de la simulación del tanque en planta en la cota $Z=12.13$ . ....	142
Ilustración 70. Descripción grafica de la simulación del tanque en 3 D. ....	143

## Lista de Gráficas

Gráfica 1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño proporcionado por la norma NSR-10.....	10
Gráfica 2.Esfuerzo de compresión vs deformación unitaria. ....	16
Gráfica 3.Esfuerzo de tracción vs Deformación. ....	16
Gráfica 4. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g.....	53
Gráfica 5. Espectro de Aceleraciones. ....	56

## Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los perfiles de suelo.....	6
Tabla 2. Valor de los coeficientes $A_a$ y $A_v$ para cada ciudad.....	8
Tabla 3. Valor del coeficiente $F_a$ según el tipo de perfil y $A_a$ .....	9
Tabla 4. Valor del coeficiente $F_v$ según el tipo de perfil y $A_v$ . ....	9
Tabla 5. Valores de coeficiente de importancia según el grupo de uso. ....	9
Tabla 6. Valores de $C_t$ y $\alpha$ , para el periodo aproximado $T_a$ .....	11
Tabla 7. Derivas máximas como porcentaje de $h_{pi}$ . ....	13
Tabla 8. Parámetros de diseño por cortante en columnas. ....	27
Tabla 9. Coeficientes para momentos negativos en la losa.....	29
Tabla 10. Coeficientes para momentos positivos de carga muerta en la losa. ....	30
Tabla 11. Coeficiente para momento positivo de la carga viva en la losa. ....	31
Tabla 12. Valores de los coeficientes de capacidad de carga según el ángulo de fricción. .....	33
Tabla 13. Obtención del índice de rigidez crítico según el ángulo de fricción y la relación B con respecto a L.....	35
Tabla 14. Valor de $A_a$ y $A_v$ para Villavicencio.....	49
Tabla 15. Perfil del suelo estudiado. ....	50
Tabla 16. Valor de coeficiente $F_a$ . ....	50
Tabla 17. Valores de coeficiente $F_v$ .....	51
Tabla 18. Valores de los coeficientes de importancia descritos en la norma NSR-10.....	51
Tabla 19. Período vs. Aceleración espectral .....	55
Tabla 20. Cálculo de la fuerza sísmica en la dirección x. ....	58

Tabla 21. Cálculo de la fuerza sísmica en la dirección y. ....	58
Tabla 22. Cálculo del momento de torsión accidental en x y y de la estructura. ....	59
Tabla 23. Desplazamientos producidos por la fuerza del sismo en la dirección x con columnas de sección 25x25cm. ....	60
Tabla 24. Desplazamientos producidos por la fuerza del sismo en la dirección y con columnas de sección 25x25cm. ....	61
Tabla 25. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje A-1. ....	62
Tabla 26. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje A-2. ....	62
Tabla 27. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje B-1. ....	62
Tabla 28. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje B-2. ....	63
Tabla 29. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección y en el eje A-1. ....	63
Tabla 30. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección y en el eje A-2. ....	63
Tabla 31. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección y en el eje B-1. ....	64
Tabla 32. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje B-2. ....	64

Tabla 33. Desplazamientos producidos por la fuerza del sismo en la dirección x con columnas de 35x35cm.....	65
Tabla 34. Desplazamientos producidos por el sismo en la dirección y con columnas 35x35cm.....	66
Tabla 35. Formato para el cálculo y verificación de las derivas del sismo en dirección x en el eje A-1 con columnas de 35x35cm. ....	67
Tabla 36. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección x en el eje A-2 con columnas de 35x35cm.....	67
Tabla 37. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección x en el eje B-1 con columnas de 35x35cm.....	67
Tabla 38. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección x en el eje B-2 con columnas de 35x35cm.....	68
Tabla 39. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje A-1 con columnas de 35x35cm.....	68
Tabla 40. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje A-2 con columnas de 35x35cm.....	68
Tabla 41. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje B-1 con columnas de 35x35cm.....	69
Tabla 42. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje B-2 con columnas de 35x35cm.....	69
Tabla 43. Reducción de la fuerza sísmica en la dirección x. ....	71
Tabla 44. Reducción de la fuerza sísmica en la dirección y. ....	71
Tabla 45. Calculo para el diseño de la viga 29 por flexión.....	74

Tabla 46. Calculo para el diseño de la viga 30 por flexión.....	75
Tabla 47. Calculo para el diseño de la viga 30 por flexión.....	76
Tabla 48. Calculo para el diseño de la viga 32 por flexión.....	77
Tabla 49. Calculo para el diseño de la viga 28 por flexión.....	78
Tabla 50. Calculo para el diseño de la viga 27 por flexión.....	79
Tabla 51. Calculo para el diseño de la viga 26 por flexión.....	80
Tabla 52. Calculo para el diseño de la viga 25 por flexión.....	81
Tabla 53. Calculo para el diseño de la viga 24 por flexión.....	83
Tabla 54. Calculo para el diseño de la viga 23 por flexión.....	84
Tabla 55. Calculo para el diseño de la viga 22 por flexión.....	85
Tabla 56. Calculo para el diseño de la viga 21 por flexión.....	86
Tabla 57. Calculo para el diseño de la viga 20 por flexión.....	87
Tabla 58. Calculo para el diseño de la viga 19 por flexión.....	88
Tabla 59. Calculo para el diseño de la viga 18 por flexión.....	89
Tabla 60. Calculo para diseño de la viga 17 por flexión.....	90
Tabla 61. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 32 por Cortante.....	92
Tabla 62. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 31 por Cortante.....	93
Tabla 63. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 30 por Cortante.....	94
Tabla 64. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 29 por Cortante.....	95
Tabla 65. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 28 por Cortante.....	96
Tabla 66. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 27 por Cortante.....	97
Tabla 67. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 26 por Cortante.....	98
Tabla 68. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 25 por Cortante.....	99

Tabla 69. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 24 por Cortante.....	100
Tabla 70. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 23 por Cortante.....	101
Tabla 71. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 22 por Cortante.....	102
Tabla 72. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 21 por Cortante.....	103
Tabla 73. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 20 por Cortante.....	104
Tabla 74. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 19 por Cortante.....	105
Tabla 75. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 18 por Cortante.....	106
Tabla 76. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 17 por Cortante.....	107
Tabla 77. Calculo para la verificación del diseño de la columna.....	109
Tabla 78. Datos de verificación del diseño de los elementos 1, 5, 9 y 13. ....	110
Tabla 79. Calculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 1, 5, 9 y 13. ....	111
Tabla 80. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma. ....	111
Tabla 81. Datos de verificación del diseño de los elementos 2, 6, 10 y 14. ....	113
Tabla 82. Calculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 2, 6, 10 y 14. ....	113
Tabla 83. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma. ....	114
Tabla 84. Datos de verificación del diseño de los elementos 3, 7, 11 y 15. ....	115
Tabla 85. Calculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 3, 7, 11 y 15. ....	115
Tabla 86. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma. ....	116
Tabla 87. Datos de verificación del diseño de los elementos 4, 8, 12 y 16. ....	117

Tabla 88. Calculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 4, 8, 12 y 16. ....	117
Tabla 89. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma. ....	118
Tabla 90. Resultado del cálculo para el diseño de la losa en dos direcciones. ....	120
Tabla 91. Calculo para el diseño de la malla en los muros. ....	122
Tabla 92. Calculo para el diseño de la cimentación. ....	126
Tabla 93. Calculo para el diseño de la zarpa de la zapata. ....	127
Tabla 94. Verificación de cortante en dos direcciones para sección critica a $d/2$ del borde de la columna. ....	127
Tabla 95. Verificación de cortante en dos direcciones para sección critica en $d$ del borde de la columna. ....	127
Tabla 96. Verificación por aplastamiento en la base de la columna y en la zapata. ....	127
Tabla 97. Calculo de los asentamientos diferenciales de la estructura. ....	128
Tabla 98. Localización de cada uno de los puntos de la estructura en el software. ....	144
Tabla 99. Definición de cargas en el software. ....	145
Tabla 100. Combinaciones de carga en el software. ....	145
Tabla 101. Reacciones de la estructura. ....	147
Tabla 102. Resultados de momento y cortante en los elementos. ....	149

## Resumen

Debido a las necesidades que tienen los estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia para llevar a cabo adecuadamente sus prácticas académicas, además de los trabajos que se necesitan realizar en la finca de la Universidad Cooperativa de Colombia, se requiere abastecer de agua potable cada uno de los sitios de la finca garantizando las presiones necesarias, por medio de un tanque elevado de almacenamiento que además de lo dicho permite almacenar  $15 \text{ m}^3$  de agua. Se ha ejecutado los estudios de suelos en el terreno a intervenir para proceder con el análisis sísmico, cálculos para el diseño de la estructura y de la fundación. Posteriormente de haber realizado los diseños se elaboran los planos que representa los esquemas de cada elemento de la estructura y de la cimentación, con los detalles de la ubicación del acero, tipo de acero y concreto. Para las columnas del tanque se tienen una sección de  $35 \times 35 \text{ cm}$ , para las de los primeros tres pisos la sección es de  $30 \times 30 \text{ cm}$ , y para la viga que sostiene el tanque es de  $30 \times 40 \text{ cm}$ .

**Palabras Clave:** Tanque elevado, análisis sísmico, acero de refuerzo, concreto, derivas, fuerzas equivalentes, cimentación.

## Introducción

En terrenos llanos como lo es en Villavicencio, exactamente en la finca “La Vitrina”, para garantizar una buena presión para la distribución de agua potable a esta, se requiere de un tanque de almacenamiento de agua elevado. Esto con el fin de tener un suministro constante de agua, para que los estudiantes de medicina veterinaria y zootecnia puedan llevar a cabo adecuadamente sus prácticas académicas y también para los trabajos que se requieran para ejecutar el mantenimiento de la finca.

Para el desarrollo de este proyecto primero se realizó un estudio de suelos, el cual permite conocer la clasificación, tipo de perfil, la resistencia al corte del suelo, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo, con los datos obtenidos del estudio de suelos se realiza el análisis sísmico, donde se determina la fuerza del sismo que ejerce sobre la estructura, posteriormente se realiza el análisis de cargas teniendo en cuenta las cargas muertas, cargas vivas, y la fuerza de sismo, se procede a simular la estructura en un software para obtener los desplazamientos horizontales, los cuales son usados para calcular las derivas de la estructura por medio de una ecuación dada en el título C del reglamento, se realiza la verificación de las derivas, para finalmente obtener el diseño final de las vigas, columnas, de la losa de la base y de la tapa del tanque, diseño de muros y diseño de cimentaciones.

Una vez obtenidas las dimensiones de la estructura se procede con el diseño estructural de la misma, donde calculamos la cantidad de acero que debe llevar en cada uno de los elementos que la conforman, esto se realizó verificando los requerimientos mínimos y máximos de cuantías que deben de ir en cada uno de los elementos, una vez finalizado estos diseños, se procede a calcular

los asentamientos diferenciales que pueden generar la estructura sobre el suelo y se verifican con los máximos requeridos en el título H del reglamento NSR-10.

Una vez realizados los diseños estructurales se realizaron los planos constructivos y de detalles donde se describen como deben ir dispuestos los aceros, la longitud, los diámetros, la ubicación en las secciones transversales, también se especifican los ganchos y los estribos que deben de ir en cada una de las vigas y columnas.

## **1. Generalidades del proyecto**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En la finca “La Vitrina” de la Universidad Cooperativa de Colombia, se ve reflejada la escasez de agua potable que esta presenta, siendo presenciado este problema desde antes de instalarse la Universidad en dicho sitio, afectando principalmente a los estudiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (MVZ), dado que este recinto es el lugar de sus prácticas, el cual cuenta con salones de laboratorio, de clases, de almacenamiento de implementos para la enseñanza, y una pequeña casa que es habitada por los encargados de la finca.

El problema radica principalmente a causa de que el agua debe ser extraída de un pozo de reserva de agua subterránea, ésta es almacenada provisionalmente en tanques plásticos de poca capacidad de almacenamiento, de modo que experimentalmente se distribuye a diferentes sectores de la finca. Más aún porque el agua no es 100% potable, es por esto que es más difícil conseguir agua para el consumo humano y animal, el agua así mismo se hace imprescindible para realizar las actividades de trabajo de finca, igualmente, para el desarrollo de las actividades educativas de los estudiantes y docentes de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Para tener máximo provecho del uso del agua, es necesario, conveniente y útil, la construcción de un tanque elevado que permita almacenar agua apropiadamente, que de igual manera brinde un servicio adecuado de presiones, que sea de fácil mantenimiento, y que primordialmente sea sismo resistente, de manera que el agua precedentemente haya sido sometida en la planta de tratamiento, para que finalmente pueda ser abastecida en cualquier ocasión.

## 1.2. Justificación

El agua es una necesidad vital para el desarrollo de actividades diarias ya sea domésticas, ganadería y agrícola, industrial, como fuente de energía, etc. La Finca ‘‘La Vitrina’’ necesita ser abastecida de agua potable para el riego de cultivos, agricultura, ganadería, piscicultura, contando con esta en cualquier hora del día, sin realizar mayores esfuerzos para conseguirla, la construcción del tanque permite almacenar un gran volumen el agua para mantener un suministro constante de agua.

El diseño y construcción de este tanque, permitiría el adecuado desarrollo de prácticas para los estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y actividades como agricultura y piscicultura.

Además de realizar el diseño preliminar basándonos en la norma NSR-10, este trabajo nos permite comprender de manera más clara el comportamiento de una estructura destinada al almacenamiento de agua, al simular el modelo en un software de estructuras, este nos permite analizar el comportamiento de la estructura generado por las solicitaciones de carga para escoger las mejores alternativas de dimensionamiento y materiales.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar el diseño y estudios preliminares de un tanque elevado para la finca de la Universidad Cooperativa de Colombia en la sede Villavicencio, en base a los métodos aprendidos en el curso de la carrera.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar los estudios de suelos correspondientes para el diseño preliminar de la cimentación de la estructura.
- Realizar la simulación del pre-diseño en un software de simulación para estructuras (SAP 2000).
- Elaborar los planos constructivos de detalles y especificaciones en un software de diseño (AutoCAD).

## 2. Marco referencial

### 2.1.Marco contextual

#### 2.1.1. Localización

Villavicencio, capital del departamento del Meta, puerta del llano, es el centro comercial más importante de los llanos orientales, se encuentra ubicada en el piedemonte de la cordillera oriental, limitando al Norte con el Calvario, al Norte-Oriente con Restrepo, al Oriente con Puerto López, al Suroriente con San Carlos de Guaroa, y al Sur, Suroccidente y Occidente con Acacías. El municipio se encuentra dividido en 8 comunas, 235 barrios (de los cuales solo 32 son legalizados), 101 asentamientos, 2 zonas de invasión, 7 corregimientos y 61 veredas en total.<sup>1</sup>

Para el año 2018 cuenta con una proyección de población con un total de 516,802 habitantes, teniendo en la cabecera municipal 492,709 habitantes y el resto del municipio 24,093 habitantes.<sup>2</sup>

El proyecto se encuentra ubicado en la vereda La Llanerita, en la finca La Vitrina, exactamente en las coordenadas 04°05'57.0'' latitud Norte, y 73°26'25.3'' longitud Oeste.

---

<sup>1</sup> Perfil del municipio de Villavicencio. <http://www.meta.gov.co>

<sup>2</sup> DANE. Resultados y proyecciones (2005-2020) del censo 2005. <https://www.dane.gov.co>

Ilustración 2. Límites del municipio Villavicencio.



Fuente: Google Earth.

Ilustración 1. Ubicación de la finca La Vitrina.



Fuente: Google Earth.

## 2.2. Marco legal

En Colombia las construcciones son reguladas por el reglamento colombiano de sismo resistencia de 2010 NSR-10, el cual reemplaza al antiguo reglamento colombiano de sismo resistencia de 1998 NSR-98 por medio del decreto 926 del 19 de marzo de 2010 de la ley 400 de 1997.

Este reglamento da parámetros mínimos de diseño que, de alguna manera, garantiza la seguridad de las vidas humanas las cuales están dando uso a estas estructuras, este reglamento se divide en 11 títulos nombrados cada uno con las letras del abecedario desde el título A hasta el título K.

- Título A (Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente): En este título se dan los parámetros para la entrega de los diseños y memorias de cálculo de las edificaciones, también se dan los parámetros mínimos de diseño sismo resistente (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010)<sup>3</sup>.
- Título B (Cargas): En el presente título se da los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones para el cálculo de cargas (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010)<sup>4</sup>.
- Título C (Concreto estructural): En este título se presentan los parámetros mínimos de diseño de edificaciones en concreto estructural (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010)<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Título A Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, NSR-10 (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010).

<sup>4</sup> Título B Cargas, NSR-10 (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010).

<sup>5</sup> Título C Concreto estructural, NSR-10 (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010).

- Título D (Mampostería estructural): En el presente título se da parámetros mínimos de diseño en mampostería estructural (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>6</sup>.
- Título E (Casas de uno y dos pisos): En este título se dan los requerimientos mínimos de diseño sísmico resistente de viviendas de uno y dos pisos en mampostería confinada (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>7</sup>.
- Título F (Estructuras metálicas): Al igual que los anteriores títulos, este título nos da los requisitos mínimos de diseño de edificaciones metálicas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>8</sup>.
- Título G (Estructuras de madera y de guadua): En este título nos da los requerimientos mínimos de diseño y material para la construcción de edificaciones sísmico resistentes en madera (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>9</sup>.
- Título H (Estudios geotécnicos): En el presente título se dan los parámetros de estudio y exploración del subsuelo para los diseños sísmico resistentes de las estructuras (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>10</sup>.
- Título I (Supervisión técnica): En este título se nos habla de la importancia de la supervisión en la construcción de las estructuras y que cumplan con los diseños establecidos (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>11</sup>.
- Título J (Requisitos de protección contra incendios de las edificaciones): Aquí se nos da los parámetros de protección de las edificaciones contra los incendios que se puede presentar

---

<sup>6</sup> Título D Mampostería estructural, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>7</sup> Título E Casas de uno y dos pisos, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>8</sup> Título F Estructuras metálicas, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>9</sup> Título G Estructuras de madera y de guadua, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>10</sup> Título H Estudios geotécnicos, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>11</sup> Título I Supervisión técnica, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

entre los más destacados están las rutas de evacuación (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>12</sup>.

- Título K (Requisitos complementarios): El propósito del Título K es el de definir parámetros y especificaciones arquitectónicas y constructivas tendientes a la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las distintas edificaciones cubiertas por el alcance del presente Reglamento (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)<sup>13</sup>.

## 2.3. Marco teórico

### 2.3.1. Parámetros sísmicos.

Una vez que se haya hecho la exploración del subsuelo se procede a calcular el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar SPT con la ecuación A.2.4-2 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-21).

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}, \text{ Donde:}$$

$d_i$ : Es el espesor del estrato número  $i$ .

$N_i$ : Numero de golpes requeridos para penetrar el estrato número  $i$ .

Una vez calculado el número medio de golpes se procede a determinar el tipo de perfil del suelo según la tabla A.2.4-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-22).

---

<sup>12</sup> Título J Requisitos de protección contra incendios en edificaciones, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>13</sup> Título K Requisitos complementarios, NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

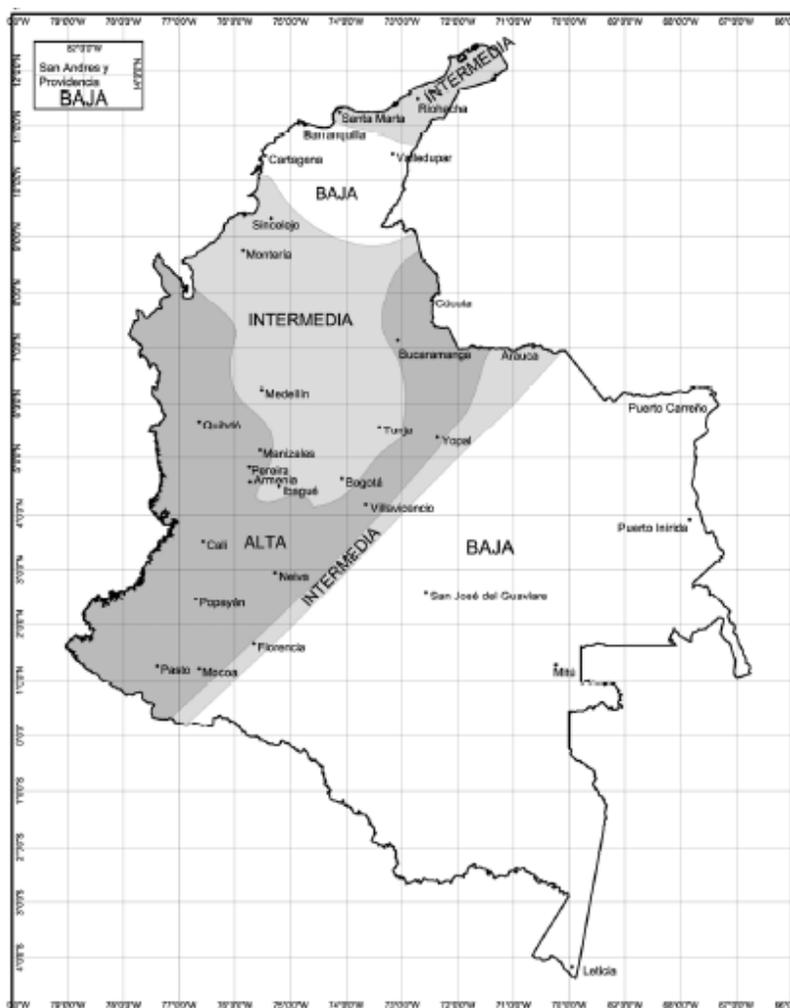
Tabla 1. Clasificación de los perfiles de suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s > $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$ , o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$ , o $100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> ) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180$ m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total <b>H</b> mayor de 3 m de arcillas blandas	<b>IP</b> > 20 <b>w</b> $\geq 40\%$ $50$ kPa ( $\approx 0.50$ kgf/cm <sup>2</sup> ) > $\bar{s}_u$
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: <b>F<sub>1</sub></b> — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. <b>F<sub>2</sub></b> — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( <b>H</b> > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). <b>F<sub>3</sub></b> — Arcillas de muy alta plasticidad ( <b>H</b> > 7.5 m con Índice de Plasticidad <b>IP</b> > 75) <b>F<sub>4</sub></b> — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ( <b>H</b> > 36 m)	

Fuente: Tabla A.2.4-1 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-22).

Una vez se obtiene el tipo de perfil se procede a ubicar el lugar en estudio en el mapa de amenaza sísmica de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-17).

Ilustración 3. Mapa de amenaza sísmica.



Fuente: Figura A.2.3-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-17).

Ya ubicado el sitio se procede a determinar el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva ( $A_a$ ) y el coeficiente de la velocidad horizontal pico efectiva ( $A_v$ ) estos coeficientes se obtienen según la ciudad de ubicación de la tabla A.2.3-2 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-16).

Tabla 2. Valor de los coeficientes  $A_a$  y  $A_v$  para cada ciudad.

Ciudad	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Call	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibaqué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Nelva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Perelra	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Fuente: Tabla A.2.3-2 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-16).

Ya obtenidos el perfil del suelo y los coeficientes se procede a determinar el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en periodos cortos ( $F_a$ ) y el coeficiente de amplificación que afecta a la aceleración en periodos intermedios ( $F_v$ ) con las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-23 y A-24).

Tabla 3. Valor del coeficiente  $F_a$  según el tipo de perfil y  $A_a$ .

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
<b>A</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
<b>D</b>	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
<b>E</b>	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
<b>F</b>	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: Tabla A.2.4-3 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-23).

Tabla 4. Valor del coeficiente  $F_v$  según el tipo de perfil y  $A_v$ .

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
<b>A</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
<b>D</b>	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
<b>E</b>	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
<b>F</b>	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: Tabla A.2.4-4 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-24).

Una vez determinado esos coeficientes se procede a dar una importancia a la estructura y se determina el coeficiente de importancia con la tabla A.2.5-1 del título A de la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-26)<sup>14</sup>.

Tabla 5. Valores de coeficiente de importancia según el grupo de uso.

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I
<b>IV</b>	1.50
<b>III</b>	1.25
<b>II</b>	1.10
<b>I</b>	1.00

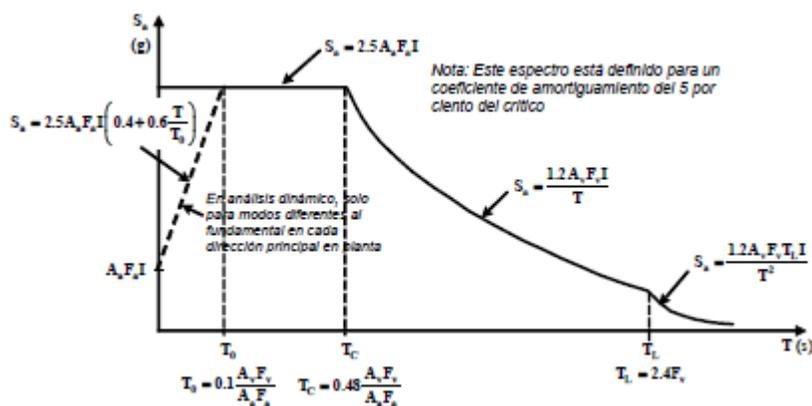
Fuente: Tabla A.2.5-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-26).

<sup>14</sup> Coeficiente de importancia, título A, capítulo A.2.5 de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

### 2.3.2. Espectro de diseño

Para poder calcular y analizar la fuerza producida por el sismo se debe graficar un espectro elástico de aceleraciones de diseño en el cual se grafica el periodo de vibración y la fracción de gravedad producido por la energía liberada del sismo los parámetros de diseño de esta grafica están descritos en la figura A.2.6-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-27).

Gráfica 1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño proporcionado por la norma NSR-10.



Fuente: Figura A.2.6-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-27).

### 2.3.3. Método de la fuerza horizontal equivalente.

Por razones académicas solo se hará un análisis sísmico estático por el método de la fuerza horizontal equivalente de la norma NSR-10 título A (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-63 - A-66)<sup>15</sup>.

Como requisito de este método se debe conocer el periodo fundamental de la estructura, para este caso se calculó un periodo aproximado por la siguiente ecuación obtenida de la norma

<sup>15</sup> Método de la fuerza horizontal equivalente, Título A capítulo A.4 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

NSR-10 título A, ecuación A.4.2-3 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-63 - A-66).

$$T_a = C_t h^\alpha \text{ Donde:}$$

- $T_a$ : Período fundamental aproximado.
- $C_t$ : Coeficiente utilizado para calcular el período fundamental aproximado.
- $h$ : Altura desde la base de la estructura hasta su punto más alto.
- $\alpha$ : Exponente cuyo uso es para el cálculo del período fundamental aproximado.

$C_t$  y  $\alpha$  son coeficientes obtenidos de la tabla A 4.2-1 de la norma NSR-10 título A (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-64).

Tabla 6. Valores de  $C_t$  y  $\alpha$ , para el período aproximado  $T_a$ .

Sistema estructural de resistencia sísmica	$C_t$	$\alpha$
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros $C_t$ y $\alpha$ , donde $C_w$ se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Fuente: Tabla A.4.2-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-64)

Una vez calculado el período fundamental aproximado se ubica en la gráfica del espectro de diseño donde se traspola y se obtiene el valor de una fracción de la gravedad en ese período de vibración ( $S_a$ ).

### ***Fuerzas sísmicas horizontales equivalentes***

El Cortante sísmico en la base ( $V_s$ ) equivalente a la totalidad de los efectos inerciales horizontales producidos por los movimientos sísmicos de diseño, en la dirección en estudio, se obtiene por medio de la siguiente ecuación A 4.3-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-65).

$$V_s = S_a g m, \text{ donde:}$$

- $V_s$ : Es el Cortante sísmico basal.
- $S_a$ : Es la fracción de la gravedad en cierto periodo de vibración.
- $m$ : Masa de la estructura.

Una vez obtenido el Cortante basal se procede con el cálculo de la fuerza horizontal del sismo con la ecuación A.4.3-2 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-65).

$$F_x = C_{Vx} V_s, \text{ donde:}$$

$F_x$ : Es la fuerza horizontal producida por el sismo.

$C_{Vx}$ : Coeficiente de distribución.

$V_s$ : Cortante sísmico basal.

$$C_{Vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_i^n m_i h_i^k}$$

#### **2.3.4. Verificación de las derivas.**

Una vez que se calcula la fuerza del sismo se procede con la verificación de las derivas las cuales son unos desplazamientos producidos por la fuerza del sismo estas derivas se calculan con

la ecuación A.6.3-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-75)<sup>16</sup>.

$$\Delta_{max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\delta_{tot,j}^i - \delta_{tot,j}^{i-1})^2}, \text{ donde:}$$

- $\Delta_{max}^i$ : Deriva máxima para cualquier piso.
- $\delta^i$ : Desplazamiento horizontal de un punto en un piso cualquiera.

Una vez calculada la deriva se debe verificar con la deriva permitida por la tabla A.6.4-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-76).

Tabla 7. Derivas máximas como porcentaje de h<sub>pi</sub>.

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$ )
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$ )

Fuente: Tabla A.6.4-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-76)

Donde h<sub>pi</sub> es la altura del piso o elemento.

### 2.3.5. Principio de superposición.

El principio de superposición es la base de gran parte de la teoría del análisis estructural. Es posible afirmar lo siguiente: El desplazamiento total o las cargas internas en un punto de una estructura sometida a varias cargas externas puede determinarse al sumar los desplazamientos o cargas internas causados por cada una de las cargas externas que actúan por separado. Para que

<sup>16</sup> Requisitos de la deriva, Título A capítulo A.6 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

este enunciado sea válido es necesario que exista una relación lineal entre las cargas, los esfuerzos y los desplazamientos (Hibbeler, 2012, pág. 18)<sup>17</sup>.

Para aplicar el principio deben imponerse dos requisitos:

- El material debe comportarse de una manera elástica lineal, de modo que la ley de Hooke sea válida y, por lo tanto, la carga será proporcional al desplazamiento.
- La geometría de la estructura no debe experimentar un cambio significativo al aplicar las cargas; es decir, se aplica la teoría de los pequeños desplazamientos. Si se dan grandes desplazamientos, la posición y la orientación de las cargas cambiarán en forma significativa. Un ejemplo podría ser una barra delgada en voladizo sometida a una fuerza en su extremo.

Teoría de deflexiones: En la teoría de deflexión se agrupan los métodos de análisis aplicables a aquellas estructuras en que no es posible despreciar los cambios geométricos producidos por las cargas, para evaluar las reacciones y fuerzas internas resultantes. En consecuencia, estas se evalúan a partir de la situación deformada de la estructura, utilizando generalmente un proceso iterativo (Uribe Escamilla, pág. 56).

Por la teoría de las deflexiones se obtiene la siguiente ecuación:

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = -M - \frac{Wx^2}{2} + Rx$$

Donde se integra quedando la expresión de la siguiente manera.

$$EI \frac{dy}{dx} = -Mx - \frac{Wx^3}{6} + \frac{Ryx^2}{2}$$

---

<sup>17</sup> Principio de superposición, Capítulo 2, subcapítulo 2.2 (Hibbeler, 2012).

En donde  $x=L$  entonces  $EI \frac{dy}{dx} = 0$  quedando la expresión de la siguiente manera.

$$0 = -ML - \frac{WL^3}{6} + \frac{RyL^2}{2}$$

Y despejando M

$$M = -\frac{WL^2}{6} + \frac{RyL}{2}$$

Para este caso como la carga de la viga y la viga son simétricas se puede determinar que  $Ry = \frac{WL}{2}$  quedando la expresión de la siguiente manera.

$$M = -\frac{WL^2}{6} + \frac{WL^2}{4}$$

Se efectúa la resta.

$$M = \frac{WL^2}{12}$$

Donde M es el momento máximo soportado por la viga y L es la longitud entre apoyos.

### 2.3.6. Método de la resistencia última

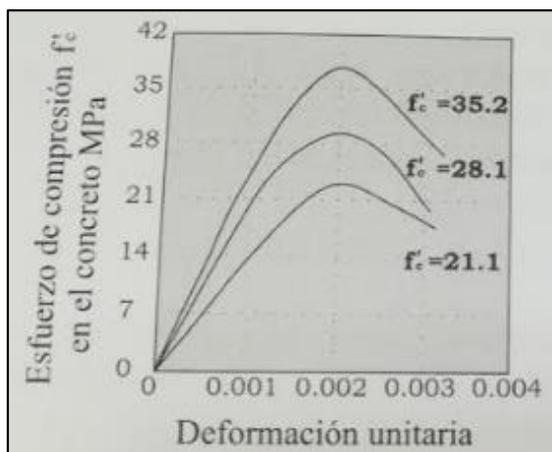
También llamado el método de la rotura, este método permite estudiar el comportamiento de la estructura en el instante de la falla; por lo tanto, si ese instante se hace mayor que el de su trabajo para las cargas que soporta normalmente, se podrá tener un diseño con factores de seguridad apropiados (Segura Franco, 2011, págs. 58-116)<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Método de la resistencia última, capítulo 2 (Segura Franco, 2011).

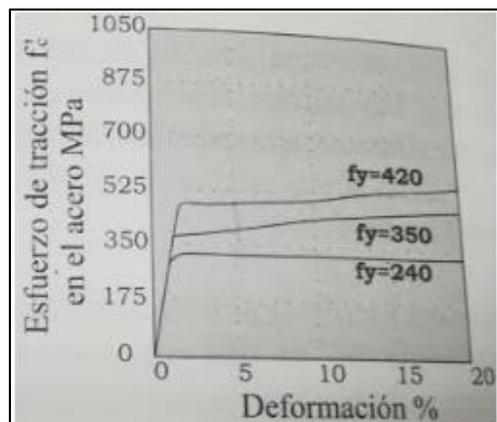
En este método se quiere que los materiales del concreto reforzado diseñados a flexión, deben fallar cuando el acero alcanza su límite elástico ( $f_s = f_y$ ).

Gráfica 2. Esfuerzo de compresión vs deformación unitaria.



Fuente: (Segura Franco, 2011, pág. 60).

Gráfica 3. Esfuerzo de tracción vs Deformación.

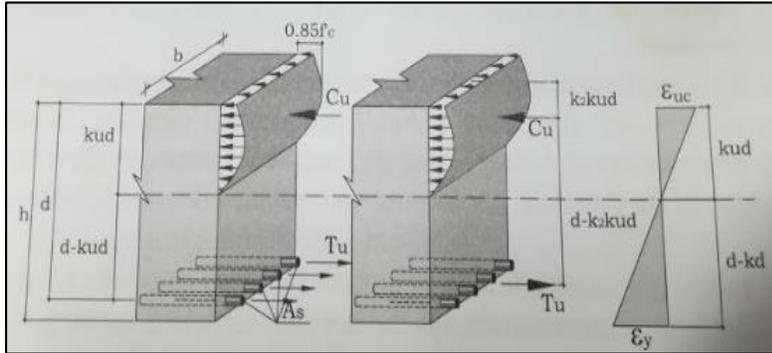


Fuente: (Segura Franco, 2011, pág. 60).

### ***Diseño a flexión de vigas.***

En aplicación a las vigas en el instante de la falla se dice que la compresión es igual a la tracción ( $C_u = T_u$ ).

*Ilustración 4. Demostración gráfica del actuar del momento en las vigas.*



Fuente: (Segura Franco, 2011, pág. 60).

Donde:

- $b$  y  $d$ : Son las dimensiones útiles de la sección.
- $k_u$ : Factor menor a la unidad que multiplicado con “ $d$ ” da la profundidad al eje neutro.
- $k_1$ : Factor que hace promedios los esfuerzos de compresión en el concreto.
- $k_2$ : Factor menor a la unidad que multiplicado con “ $k_u d$ ” nos da la distancia del punto de aplicación de la resultante de compresiones.

Se obtienen las siguientes expresiones:

$$C_u = 0,85 f'_c * k_1 * k_u d * b$$

Donde la expresión “ $0,85 f'_c$ ” corresponde al máximo valor de la compresión como resultado de la flexión y su magnitud obedece a una obtención experimental.

$$T_u = A_s f_y = \rho b d f_y$$

Se iguala la compresión con la tracción ( $C_u = T_u$ ), quedando de la siguiente manera:

$$0,85 f'_c * k_1 * k_u * db = \rho b d f_y$$

$$0,85f'c * k_1 * k_u = \rho f_y$$

Por lo tanto:

$$k_u = \frac{\rho f_y}{0,85f'c * k_1}$$

Como la tracción y la compresión son iguales estas nos generan un par en el eje neutro del elemento ya que los momentos últimos son iguales, quedando de la siguiente manera:

$$M_u = C_u(d - k_2 * k_u d) = T_u(d - k_2 * k_u d)$$

Como se está hablando de diseño a flexión es decir el elemento debe fallar cuando el acero de tracción alcanza su límite elástico, por tal razón se toma el momento correspondiente a la tracción.

$$M_u = T_u(d - k_2 * k_u d)$$

Despejando los valores de la siguiente manera:

$$M_u = \rho b d f_y \left( d - \frac{k_2}{0,85 * k_1} * \frac{\rho f_y}{f'c} d \right)$$

Donde  $\frac{k_2}{0,85 * k_1} = 0,59$  como resultado de diversos ensayos experimentales.

Remplazamos:

$$M_u = \rho f_y \left( 1 - 0,59 * \frac{\rho f_y}{f'c} \right) b d^2$$

Y esta expresión es conocida como la ecuación general de la resistencia ultima.

Como en Colombia rige una norma para diseño estructural en la cual especifica el uso adecuado de factores de seguridad se debe usar los siguientes parámetros.

### ***Factor de seguridad***

Para efectos de diseñar a partir del momento último de una sección, es evidente que se pretende que dicho momento no se presente colocándose un factor de seguridad apropiado. La norma NSR-10 recomienda un factor de seguridad apropiado, las cargas o los momentos que ellas producen por medio de los denominados coeficientes de mayoración de carga y por otra parte disminuyendo la resistencia de las secciones por medio de los denominados coeficientes de reducción de resistencia.

### ***Coefficiente de mayoracion de carga***

Es un factor de seguridad con respecto a las cargas exteriores. La norma NSR-10 lo define como coeficiente que tiene en cuenta las desviaciones inevitables de las cargas reales con respecto a las cargas nominales y las incertidumbres que se tienen en el análisis estructural al transformar las cargas en efectos internos de los elementos. Una carga mayorada es por consiguiente la carga resultante de multiplicar la carga nominal por un coeficiente de carga a continuación, las combinaciones de carga más usuales:

$$W_u = 1,4D$$

$$W_u = 1,2D + 1,6(L + H) + 0,5(L_r \text{ o } G \text{ o } L_e)$$

$$W_u = 1,2D + 1,6(L_r \text{ o } G \text{ o } L_e) + 0,5(L \text{ o } 0,8W)$$

$$W_u = 1,2D + 1,6W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ o } G \text{ o } L_e)$$

$$W_u = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$W_u = 0,9D + 1,6W + 1,6H$$

$$W_u = 0,9D + 1,0E + 1,6H$$

### ***Coefficiente de reduccion de resistencia $\phi$***

Es un coeficiente que reduce la capacidad de la seccion para tener en cuenta variaciones en la calidad de los materiales, deficiencias en la ejecucion de la obra diseñada y las indeterminaciones del diseño. La Norma NSR-10 “lo define como el coeficiente que toma en cuenta las desviaciones inevitables entre la resistencia real y la resistencia nominal del elemento y la forma y consecuencia de su tipo de falla” (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. C-124).

Una vez ya definido las variables se obtienen las siguientes formulas:

$$U = \frac{W_u}{W}$$

$$F.S = \frac{U}{\phi}$$

Donde:

$$\phi = 0,9$$

M= Momento acutuante sobre el elemento

$\phi M_n$ = Momento ultimo de diseño

$$\phi M_n = F.S * M$$

$$\phi M_n = \phi \rho f_y \left(1 - 0,59 \frac{\rho f_y}{f'_c}\right) b d^2$$

Con esta expresión se calcula la cuantía del refuerzo  $\rho$  en función del momento ultimo de diseño, de los materiales  $f_y$  y  $f'_c$  y de la sección  $bd$ , por lo cual se constituye en un sencillo programa de diseño.

Y la cantidad de refuerzo depende de la cuantía.

$A_s = \rho b d$ , donde la cuantía no puede ser menor a:

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \geq \frac{1,4}{f_y}; \text{ se escoge el mayor entre las dos expresiones.}$$

Y no puede ser mayor a:

$$\rho_{max} = 0,75 * 0,85 \frac{f'_c}{f_y} * K_1 * \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y}, K_1 = 0,85, \text{ para } f'_c \leq 28\text{MPa.}$$

### ***Diseño a Cortante de vigas.***

Según la norma NSR-10 el diseño de las secciones sometidas a esfuerzo Cortante debe basarse en:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde  $V_u$  es el esfuerzo Cortante mayorado en la sección bajo consideración y  $V_n$  es el esfuerzo resistente nominal que se calcula como:

$$V_n = V_c + V_s$$

En la cual  $V_c$  es el esfuerzo resistente nominal del concreto y  $V_s$  es el esfuerzo resistente nominal del acero de refuerzo a Cortante<sup>19</sup>.

El esfuerzo Cortante nominal total para el diseño de las secciones transversales se define como:

- $V_n = \frac{V_u}{\phi}$ , donde:
- $V_u$ : Fuerza Cortante mayorada en la sección e igual a F.S\*V.

---

<sup>19</sup> Diseño a Cortante de vigas, capítulo 3 (Segura Franco, 2011).

- b: Ancho de la viga.
- d= Altura efectiva o distancia del centroide del refuerzo en tracción a la fibra extrema en compresión.

Para efectos de diseño se toma que:

$$V_u = \phi V_n = \phi V_c + \phi V_s, \text{ por lo tanto:}$$

$\phi V_s = V_u - \phi V_c$ , esto quiere decir que si  $V_u > \phi V_c$  se debe proporcionar acero de refuerzo a Cortante, el coeficiente de reducción para este caso será el valor de  $\phi = 0,75$ .

***Resistencia a el esfuerzo Cortante proporcionada por el concreto.***

Para elementos sometidos a Cortante y flexión únicamente, la resistencia proporcionada por el concreto para diseño será igual a:

$$\phi V_c = \phi * 0,17\sqrt{f'c}$$

Resistencia a el esfuerzo Cortante proporcionada por el acero de refuerzo.

- El refuerzo de Cortante puede consistir en:
- Estribos perpendiculares al eje del elemento.
- Malla soldada de alambre, con alambres localizados perpendicularmente al eje neutro.
- Estribos que forme un ángulo de 45° o más con el refuerzo longitudinal a tracción.
- Espirales.

$$\phi V_s = \frac{\phi A_v f_y}{s_b}, \text{ donde:}$$

- $A_v$ : Área del refuerzo a Cortante.

- S: Espaciamiento entre los flejes.

Despejando S quedando de la siguiente manera:

$S = \frac{\phi A_v f_y}{\phi V_s b}$ , donde  $S_{max}$  debe ser de la siguiente manera:

$$S_{max} \begin{cases} \text{Zona de confinamiento} = \frac{d}{4} \\ \text{Zona no confinada} = \frac{d}{2} \\ S_{max} = 60cm \end{cases}$$

### 2.3.7. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales sometidos principalmente a carga axial de compresión o a compresión y flexión, incluyendo o no torsión o esfuerzos Cortantes y con una relación de longitud a la menor dimensión de la sección de 3 o más, hay dos tipos de columnas<sup>20</sup>.

- Columnas reforzadas longitudinalmente con barras redondas y transversalmente con estribos o espirales.
- Columnas compuestas reforzadas longitudinalmente con perfiles de acero estructural rodeados o no por concreto o concreto llenando dichos perfiles en ocasiones con barras redondas longitudinales y algún tipo de refuerzo transversal.

#### *Dimensionamiento*

En el dimensionamiento de las columnas deben cumplir con los siguientes requisitos para la resistencia sísmica:

- Estructuras de capacidad de disipación de energía mínima. (DMI): Para columnas que pertenezcan a la estructura principal el diámetro mínimo de la sección para

---

<sup>20</sup> Diseño de columnas, capítulo 6 (Segura Franco, 2011).

columna circular será de 25cm y para columnas rectangulares la dimensión mínima de la sección será de 20cm con un área de  $600\text{cm}^2$ .

- Estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (DMO): La dimensión menor de la sección para columnas que sostenga más de dos pisos, medida en una línea recta que pase a través del centroide de la sección, no será menor que 25cm. Las columnas en forma de T, C o I, pueden tener una dimensión mínima de 20cm, pero su área no puede ser menor de  $625\text{cm}^2$ . A manera de sugerencia la relación entre la dimensión menor del elemento y la dimensión perpendicular a ella no debe ser menor que 30cm.
- Estructuras de capacidad de disipación de energía especial (DES): Las columnas deben tener una dimensión mínima en su sección, medida sobre una línea recta que pase por el centroide de su sección de 30cm. La relación entre la dimensión menor de la sección y la dimensión perpendicular a ella no debe ser menor de 40cm. Las columnas en forma T, C o I, pueden tener una dimensión mínima de 25cm, pero su área no puede ser menor de  $900\text{cm}^2$ .

### ***Diseño de columnas por carga axial y momento.***

Teniendo en cuenta las condiciones de equilibrio y compatibilidad de deformaciones y los requisitos de la norma NSR-10 donde se supone que la deformación unitaria máxima de la fibra más extrema en compresión del concreto no debe superar el valor de 0.003 donde el valor del esfuerzo de manera uniforme es  $0.85f'_c$  y a partir de esto obtenemos la siguiente expresión para obtener la fuerza axial.

$$P_n = 0,85f'_c abA'_s f_y - A_s f_s$$

Y para el caso en que el concreto y el acero fallan al tiempo, es decir una falla balanceada se obtiene la siguiente expresión.

$$P_{nb} = 0,85f'_c ab + f_y(A'_s - A_s)$$

Para la falla balanceada existe una excentricidad particular llamada  $e_b$ , y a partir de esta situación se presentan dos casos:

- Para cargas  $P_n > P_{nb}$  la sección de la columna estará controlada por la falla a compresión.
- Para cargas  $P_n < P_{nb}$  la sección de la columna está controlada por la falla a tracción.

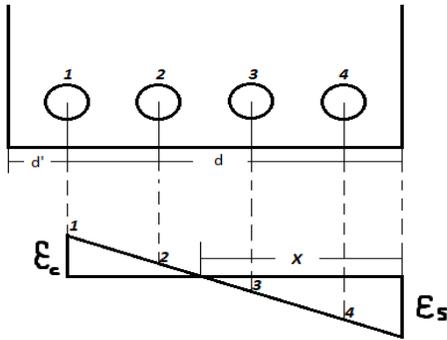
### ***Diagramas de interacción***

Primero buscamos un valor de  $A_s$  más o menos considerable posterior a esto se calcula la cuantía y el esfuerzo total en compresión con la siguiente expresión:

$$P = 0,75[(A_g - A_s)f'_c] + A_s f_y$$

Ahora tomamos en uno de los extremos de la columna y separamos las barras de acero de tal forma que coincidan con las dimensiones de la columna de la siguiente manera:

Ilustración 5. Demostración gráfica de las deformaciones y esfuerzos.



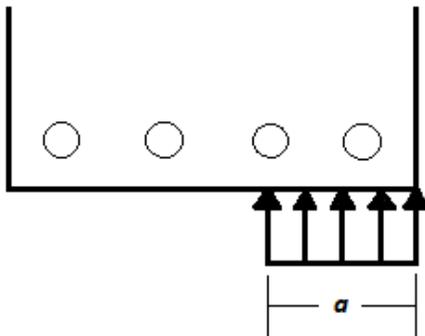
Fuente: Propia.

Donde se calcula  $x$  y ya con ese valor se inicia calculando las deformaciones unitarias en cada uno de los puntos descritos, posterior a esto se calcula el esfuerzo en cada barra y la carga axial de cada barra, luego se calcula el momento producido en cada una de las barras, donde:

$$x = \frac{\epsilon_s d}{\epsilon_s + \epsilon_c}$$

Una vez calcula el momento y la carga axial en el acero se procede con calcular la carga axial y el momento en el concreto.

Ilustración 6. Demostración gráfica del esfuerzo en el concreto.



Fuente: Propia.

$$a = 0.85x$$

$$P = 0.85f'_c ab$$

### ***Efecto de esbeltez en las columnas***

El reglamento colombiano NSR-10 permite ignorar los efectos de esbeltez cuando se cumple con los siguientes parámetros:

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40;$$

Donde:

$k$ : Factor de longitud efectiva que se obtiene a partir de los ábacos de alineamiento que se encuentran en la norma NSR-10 en el capítulo 10 en el numeral CR10.10.1.

$l_u$ : Longitud libre entre losas de piso, vigas u otros elementos.

$r$ : Radio de giro, se puede tomar como 0,3 veces la dimensión total de la sección en la dirección en la cual se está considerándola estabilidad (Segura Franco, 2011, pág. 305).

### ***Diseño a cortante de columnas.***

Las columnas deben cumplir con los siguientes parámetros de diseño por cortante:

Tabla 8. Parámetros de diseño por cortante en columnas.

Zona de confinamiento		Separación de Estribos	
Superior	b máx	Ss	bmin/4
	H/6		6db
	450 mm		100 mm
Central	Zona Central	Sc	850 db/ $\sqrt{f_y}$
			6db
Inferior	L/2	Si	150 mm
			Ss

Fuente: Norma NSR-10 título C, (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. C-147).

### 2.3.8. Diseño de losas armadas en dos direcciones.

#### *Tipos de losas*

Las losas se clasifican de acuerdo con su forma de apoyo y características en dos grandes grupos y sus correspondientes subgrupos (Segura Franco, 2011, pág. 329)<sup>21</sup>, así:

- Apoyadas o soportadas en los bordes sobre muros o vigas rígidas.
  - Losas macizas.
  - Losas aligeradas.
- Apoyadas o soportadas en columnas.
  - Losas macizas.
  - Losas macizas con ábacos.
  - Losas aligeradas o reticulares.

Para el caso de esta estructura se va a usar una losa maciza apoyada en los bordes sobre vigas rígidas.

#### *Método de los coeficientes*

$$M_{as} = C_{a,j} q_j l_{na}^2, M_{bs} = C_{b,j} q_j l_{nb}^2$$

En este método por medio de coeficientes se distribuye los momentos en los bordes y el centro de la placa donde en los bordes tenemos momentos negativos y en el centro momentos positivos en la norma se incluye una tabla donde están estos coeficientes ( $C_{a,j}$ ,  $C_{b,j}$ ) la tabla C.13.9-1 a C.13.9-3, (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. C-274 - C-277), donde:

- $M_{as}$  y  $M_{bs}$ : son los momentos
- $q_j$ : Es la carga que soporta la losa y su propio peso.
- $l$ : Es la longitud de uno de los lados de la losa.

Los coeficientes se tomarán las tablas 9, 10 y 11.

---

<sup>21</sup> Diseño de losas en dos direcciones, capítulo 7 (Segura Franco, 2011).

Tabla 9. Coeficientes para momentos negativos en la losa.

Relación $m = \frac{L_{col}}{L_{losa}}$	Caso 1 $L_{col}$	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{L,INT}$	0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
	$C_{L,EXT}$	0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95	$C_{L,INT}$	0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
	$C_{L,EXT}$	0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90	$C_{L,INT}$	0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
	$C_{L,EXT}$	0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85	$C_{L,INT}$	0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
	$C_{L,EXT}$	0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80	$C_{L,INT}$	0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
	$C_{L,EXT}$	0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75	$C_{L,INT}$	0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
	$C_{L,EXT}$	0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70	$C_{L,INT}$	0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
	$C_{L,EXT}$	0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65	$C_{L,INT}$	0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
	$C_{L,EXT}$	0.014	0.043	0.015			0.031	0.024	0.008
0.60	$C_{L,INT}$	0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
	$C_{L,EXT}$	0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55	$C_{L,INT}$	0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
	$C_{L,EXT}$	0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50	$C_{L,INT}$	0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
	$C_{L,EXT}$	0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

Fuente: Título C capítulo C.13 de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. C-274).

Tabla 10. Coeficientes para momentos positivos de carga muerta en la losa.

Relación $m = \frac{l_{ab}}{l_{cb}}$	Caso 1 $\frac{l_{ab}}{l_{cb}}$	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,D-posit}$ 0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b,D-posit}$ 0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{a,D-posit}$ 0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b,D-posit}$ 0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a,D-posit}$ 0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b,D-posit}$ 0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a,D-posit}$ 0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b,D-posit}$ 0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a,D-posit}$ 0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b,D-posit}$ 0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{a,D-posit}$ 0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b,D-posit}$ 0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a,D-posit}$ 0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b,D-posit}$ 0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a,D-posit}$ 0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b,D-posit}$ 0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a,D-posit}$ 0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b,D-posit}$ 0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a,D-posit}$ 0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b,D-posit}$ 0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a,D-posit}$ 0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b,D-posit}$ 0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Fuente: Título C capítulo C.13 de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. C-275).

Tabla 11. Coeficiente para momento positivo de la carga viva en la losa.

Relación $m = \frac{\ell_{an}}{\ell_{ab}}$	Caso 1 $\ell_{an} \begin{matrix} \square \\ \square \end{matrix}$	Caso 2 $\square$	Caso 3 $\square$	Caso 4 $\square$	Caso 5 $\square$	Caso 6 $\square$	Caso 7 $\square$	Caso 8 $\square$	Caso 9 $\square$	
1.00	$C_{a,l-pm}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b,l-pm}$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a,l-pm}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b,l-pm}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a,l-pm}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b,l-pm}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a,l-pm}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b,l-pm}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a,l-pm}$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b,l-pm}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a,l-pm}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b,l-pm}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a,l-pm}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b,l-pm}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a,l-pm}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b,l-pm}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a,l-pm}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b,l-pm}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a,l-pm}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b,l-pm}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a,l-pm}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b,l-pm}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Fuente: Título C capítulo C.13 de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. C-276).

### 2.3.9. Diseño de cimentaciones.

#### *Ecuación general de la capacidad de carga*

Debido a que la ecuación de la capacidad de carga de Terzaghi no estaba propuesta para cualquier tipo de cimentación, ni para distintas condiciones de carga; Meyerhof y Vesic propusieron la ecuación general de la capacidad de carga, en la cual se modifica la ecuación de Terzaghi<sup>22</sup> introduciendo todos los casos que se puede presentar por medio de factores, la ecuación propuesta es la siguiente:

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci}F_{cc} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi}F_{qc} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}F_{\gamma c}$$

Donde:

- $c'$ : Cohesion.
- $N_c, N_q, N_\gamma$ : Factores de capacidad de carga.
- $q$ : Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.
- $\gamma$ : Peso específico del suelo.
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ : Factores de forma.
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ : Factores de profundidad.
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ : Factores de inclinación de la carga.
- $F_{cc}, F_{qc}, F_{\gamma c}$ : Factores de compresibilidad del suelo.

---

<sup>22</sup> Ecuación general de la capacidad de carga, capítulo 3 (Das, 2012).

Tabla 12. Valores de los coeficientes de capacidad de carga según el ángulo de fricción.

$\Phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\Phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5,14	1,00	0,00	26	22,25	11,85	12,54
1	5,38	1,09	0,07	27	23,94	13,20	14,47
2	5,63	1,20	0,15	28	25,80	14,72	16,72
3	5,90	1,31	0,24	29	27,86	16,44	19,34
4	6,19	1,43	0,34	30	30,14	18,40	22,40
5	6,49	1,57	0,45	31	32,67	20,63	25,99
6	6,81	1,72	0,57	32	35,49	23,18	30,22
7	7,16	1,88	0,71	33	38,64	26,09	35,19
8	7,53	2,06	0,86	34	42,16	29,44	41,06
9	7,92	2,25	1,03	35	46,12	33,30	48,03
10	8,35	2,47	1,22	36	50,59	37,75	56,31
11	8,80	2,71	1,44	37	55,63	42,92	66,19
12	9,28	2,97	1,69	38	61,35	48,93	78,03
13	9,81	3,26	1,97	39	67,87	55,96	92,25
14	10,37	3,59	2,29	40	75,31	64,20	109,41
15	10,98	3,94	2,65	41	83,86	73,90	130,22
16	11,63	4,34	3,06	42	93,71	85,38	155,55
17	12,34	4,77	3,53	43	105,11	99,02	186,54
18	13,10	5,26	4,07	44	118,37	115,31	224,64
19	13,93	5,80	4,68	45	133,88	134,88	271,76
20	14,83	6,40	5,39	46	152,10	158,51	330,35
21	15,82	7,07	6,20	47	173,64	187,21	403,67
22	16,88	7,82	7,13	48	199,26	222,31	496,01
23	18,05	8,66	8,20	49	229,93	265,51	613,16
24	19,32	9,60	9,44	50	266,89	319,07	762,89
25	20,72	10,66	10,88				

Fuente: (Das, 2012, pág. 144).

Para determinar los factores se calculan con la siguiente formula:

Factores de forma:

- $F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$
- $F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi'$
- $F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L}\right)$

Factores de profundidad:

Si;  $\frac{D_f}{B} \leq 1$ , para  $\phi = 0$ ;

- $F_{cd} = 1 + 0,4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$
- $F_{qd} = 1$
- $F_{\gamma d} = 1$

Para  $\phi' > 0$ :

- $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1-F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$
- $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left( \frac{D_f}{B} \right)$
- $F_{\gamma d} = 1$

Si;  $\frac{D_f}{B} > 1$ , para  $\phi' = 0$ ;

- $F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \frac{D_f}{B}$
- $F_{qd} = 1$
- $F_{\gamma d} = 1$

Para  $\phi' > 0$ :

- $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1-F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$
- $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1} \frac{D_f}{B}$
- $F_{\gamma d} = 1$

Factores de inclinacion:

- $F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$
- $F_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)$

Factores de compresibilidad:

Si;  $I_r \geq I_{r(cr)}$ :

- $F_{cc} = F_{qc} = F_{\gamma c} = 1.$

Si;  $I_r < I_{r(cr)}$ :

- Para  $\phi' = 0$ ;  $F_{cc} = 0,32 + 0,12 \frac{B}{L} + 0,6 \log I_r$
- $F_{qc} = F_{\gamma c} = \exp \left\{ \left( -4,4 + 0,6 \frac{B}{L} \right) \tan \phi' + \left[ \frac{(3,07 \sin \phi')(\log 2I_r)}{1 + \sin \phi'} \right] \right\}$
- Para  $\phi' > 0$ ;  $F_{cc} = F_{qc} - \frac{1 - F_{qc}}{N_q \tan \phi'}$

Para el valor de  $I_{r(cr)}$  Con la siguiente tabla:

Tabla 13. Obtención del índice de rigidez crítico según el ángulo de fricción y la relación B con respecto a L.

$\Phi'$ (grados)	$I_{r(cr)}$					
	B/L=0	B/L=0,2	B/L=0,4	B/L=0,6	B/L=0,8	B/L=1,0
0	13,56	12,39	11,32	10,35	9,46	8,64
5	18,30	16,59	15,04	13,63	12,36	11,20
10	25,53	22,93	20,60	18,50	16,62	14,93
15	36,85	32,77	29,14	25,92	23,05	20,49
20	55,66	48,95	43,04	37,85	33,29	29,27
25	88,93	77,21	67,04	58,20	50,53	43,88
30	151,78	129,88	111,13	95,09	81,36	69,62
35	283,20	238,24	200,41	168,59	141,82	119,31
40	593,09	488,97	403,13	332,35	274,01	225,90
45	1440,94	1159,56	933,19	750,90	604,26	486,26

Fuente: (Das, 2012, pág. 146).

Una vez calculado  $q_u$  se calcula la capacidad de carga permisible  $q_{perm}$  para compararlo con la carga neta y así comprobar que el diseño de la zapata cumple. Con la siguiente ecuación.

$$q_{perm} = \frac{q_u}{F.S.}$$

### Asentamientos.

Los asentamientos se calcularon con la siguiente formula:

$$s = C_1 K_b K_d K_w, \text{ donde.}$$

$$C_1 = \frac{5,08}{N}.$$

$$K_b = \left( \frac{2B}{B+0,3} \right)^2.$$

$$K_d = 1 - 0,25 \frac{Df}{B}.$$

## 2.4.Marco conceptual

*Concreto:* Es un material estructural que es el resultado de una mezcla homogénea entre cemento, agregado grueso o fino (grava y arena) y agua (Segura Franco, 2011, pág. 3).

*Acero de refuerzo:* Son barras corrugadas que cumplen con los requerimientos mínimos exigidos por las normas técnicas colombianas NTC 2289 (Segura Franco, 2011, pág. 3).

*Módulo de elasticidad:* Es la relación del esfuerzo y la deformación unitaria que este produce.

*Resistencia:* Es la capacidad de los materiales de soportar cargas antes de llegar a su ruptura, la forma de conocer la resistencia en este caso del concreto es aplicándole cargas a un área conocida.

*Momento:* Es la tendencia de giro de un cuerpo alrededor de un punto producido por una fuerza que es aplicada a una cierta distancia de ese punto en el mismo cuerpo.

*Viga:* Son elementos estructurales que por lo general son horizontales cuya función es soportar cargas perpendiculares a su eje longitudinal.

*Columna:* Es un elemento estructural que por lo general es vertical y cuya función es soportar cargas paralelas a su eje.

*Estructura:* Es la combinación de elementos estructurales que según su uso pueden ser residenciales, hospitalarias hasta deportivas; y se clasifican según el sistema, los cuales pueden ser armaduras, reticulares, pórticos, laminares, masivas y especiales.

*Pórtico:* Es un sistema estructural que por lo general se construye en concreto reforzado o acero estructural, son tridimensionalmente y las cargas se aplican indistintamente de los nudos de

los elementos, lo que hace que los elementos queden sometidos a esfuerzos internos de tensión, compresión, flexión, Cortante y momento.

*Cargas:* Son fuerzas u otras solicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, los ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y restricción de cambios dimensionales (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-1).

*Cargas de servicio:* Son las magnitudes de las cargas muertas, vivas y de viento que no han sido multiplicadas por el coeficiente de carga (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-1).

*Carga mayorada:* Es una carga que se obtiene como el producto de una carga de servicio por un coeficiente de carga (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. B-2).

*Coficiente de carga:* Es un coeficiente que tiene en cuenta las desviaciones entre las cargas reales y las cargas de servicio y las incertidumbres que se tienen en el análisis de cargas.

*Factor de seguridad:* Es un coeficiente producto de la relación de la carga mayorada, la carga de servicio y el coeficiente de reducción de resistencia.

*Coficiente de reducción de resistencia:* Es un coeficiente que tiene en cuenta las desviaciones inevitables entre la resistencia real y la resistencia de servicio del elemento y la forma y consecuencia de su tipo de falla (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. C-6).

*Diafragma:* Conjunto de elementos estructurales, tal como una losa de entepiso, que transmite las fuerzas inerciales horizontales a los elementos verticales del sistema de resistencia

sísmica. El termino diafragma incluye conjuntos arriostrados horizontales (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-3).

*Amenaza Sísmica:* Es el valor esperado de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno esperada, que tiene una probabilidad de excedencia dada en un lapso de tiempo predeterminado (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-5).

*Capacidad de Disipación de energía:* Es la capacidad que tiene un sistema estructural, un elemento estructural, o una sección de un elemento estructural, de trabajar dentro del rango inelástico de respuesta sin perder su resistencia (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-56).

*Centro de Masa:* Es un punto geométrico donde se concentra la masa de un piso.

*Centro de Rigidez:* Es un punto geométrico donde se concentra la rigidez de un piso, donde se le puede aplicar cargas y no van a generar rotación.

*Deriva:* Es la diferencia entre los desplazamientos horizontales de los niveles entre los cuales comprendido el piso (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-73).

*Espectro:* Es la colección de valores máximos, ya sea de aceleración, velocidad o desplazamiento, que tienen los sistemas de un grado de libertad durante un sismo (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-20).

*Método de la Fuerza Horizontal Equivalente:* Es el método de análisis sísmico en el cual los efectos de los movimientos sísmicos de diseño se expresan por medio de unas fuerzas horizontales estáticas equivalentes.

*Perfil de Suelo:* Son los diferentes estratos de suelo existentes debajo del sitio de la edificación.

*Periodo de Vibración Fundamental:* Es el mayor periodo de vibración de la estructura en la dirección horizontal de interés (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-56).

*Zona de amenaza sísmica:* Son regiones del país donde la amenaza sísmica se considera baja, intermedia o alta, los requisitos de análisis y diseño estructural varían de una zona a otra (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-7).

*Altura útil de la sección (d):* La distancia medida desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal sometido a tracción (Segura Franco, 2011, pág. 59).

*Asentamiento:* Hundimiento o descenso del nivel de una estructura debido a la compresión y deformación del suelo o roca de cimentación (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. H-17).

*Base de la estructura:* Nivel al cual se supone que los movimientos horizontales del suelo producidos por un sismo se imparten a la edificación. Este nivel no necesariamente coincide con el nivel del terreno (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-1).

*Cimentación:* Conjunto de los elementos estructurales destinados a transmitir las cargas de una estructura al suelo o roca de apoyo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-1).

*Región confinada:* Es aquella parte de los elementos de concreto reforzado confinada por refuerzo transversal de confinamiento (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. C-176).

*Análisis dinámico:* Procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, con el fin de obtener las deformaciones y esfuerzos de la estructura al ser sometida a una excitación que varía en el tiempo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-6).

*Análisis espectral:* Tipo de análisis dinámico modal en el cual la respuesta dinámica máxima de cada modo se obtiene utilizando la ordenada del espectro, correspondiente al período de vibración del modo.

*Análisis modal:* Procedimiento de análisis dinámico por medio del cual la respuesta dinámica de la estructura se obtiene como la superposición de las respuestas de los diferentes modos, o formas de vibración.

### **3. Diseño metodológico**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Es una investigación cuantitativa cuyo alcance inicial es de tipo exploratorio, ya que al inicio de la investigación no se cuenta con datos y registros que brinden información acerca de las características del subsuelo en el área a intervenir, tampoco había ningún diseño de un tanque elevado en esa zona o finca.

### 3.2.Desarrollo del proyecto

#### 3.2.1. Fase 1. Localización.

Para iniciar con este proyecto se procede a ubicar el lugar donde se requiere construir el tanque elevado, esta fase es muy importante ya que al hacer una visita de campo al lugar nos permite dimensionar la topografía del terreno y las limitaciones perimetrales que va a tener el diseño, es decir, si hay construcciones a los lados de la estructura que pueda golpear producto de los desplazamientos producidos por la fuerza del sismo y nos permite pre dimensionar la estructura de manera óptima.

*Ilustración 7. Descripción grafica de la ubicación del proyecto, en las fotografías de la derecha e izquierda se muestra el lugar de construcción y en la derecha las coordenadas del lugar.*



*Fuente: Propia.*

#### 3.2.2. Fase 2. Exploración del subsuelo.

Para realizar el análisis sísmico previamente se debe ejecutar el estudio del suelo donde será construida la estructura, esta fase es de vital importancia ya que permite conocer el tipo de suelo y el perfil estratigráfico del suelo estudiado, puesto que éste ayuda a definir el tipo de perfil del suelo, según lo descrito en la norma NSR-10 para poder efectuar el análisis sísmico.

El estudio de suelos también permite conocer el peso específico de cada estrato, definir la cohesión y el ángulo de fricción del suelo con el propósito de diseñar la cimentación de la estructura.

*Ilustración 8. Descripción grafica de la exploración del subsuelo, en estas fotografías se está realizando el ensayo estándar SPT.*



*Fuente: Propia.*

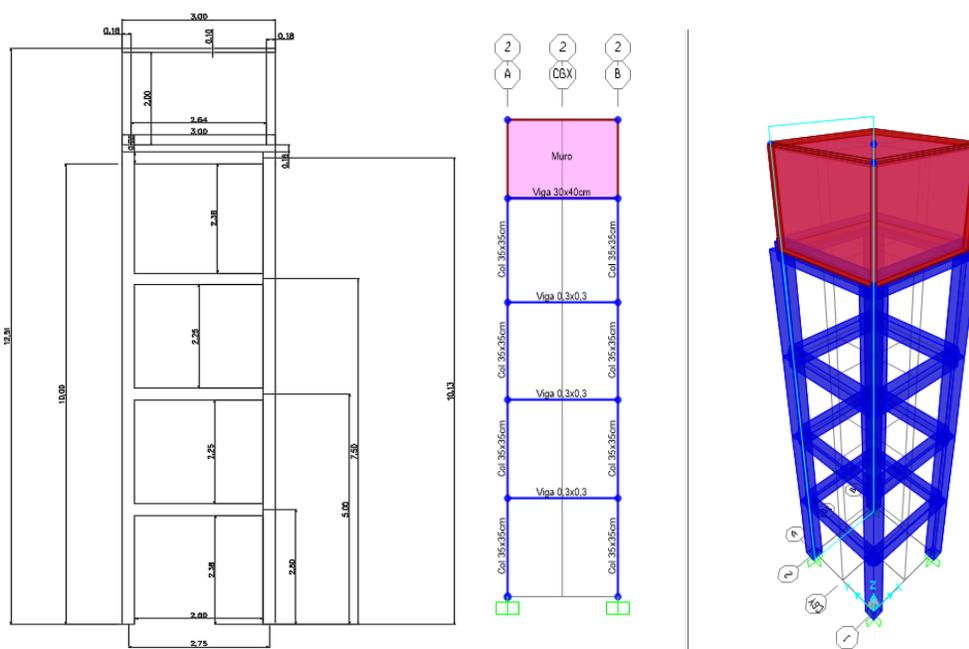
### **3.2.3. Fase 3. Pre dimensionamiento.**

Para realizar el diseño definitivo se inicia con un pre dimensionamiento de la estructura, con el cual se elabora el análisis sísmico y partiendo de allí definir el diseño final, el pre dimensionamiento de la estructura se realiza con los parámetros mínimos descritos en la norma NSR-10<sup>23</sup>, éste pre dimensionamiento de la estructura se obtiene por medio de la ayuda del software AutoCAD, como lo demuestra la ilustración 9, una vez obtenido el pre diseño se introduce al software de simulación SAP2000, el pre diseño de la estructura cuenta con 4 pisos donde los 3 primeros son de 2.5 metros y el ultimo es de 2.6 metros, es una estructura cuadrada conformada por dos pórticos cuya distancia de los vanos es de 3 metros, las secciones de las columnas son de 25x25xcm inicialmente y de las vigas de los pisos 1, 2 y 3 son de 30x30cm y la columna del piso 4 es de 30x40cm, en la parte superior se encuentra el tanque el cual mide 3x3 metros y su altura es de 2 metros el espesor de los muros es de 20cm y de la placa base del tanque es de 16cm la placa superior del tanque tendrá un espesor de 10cm tendrá una capacidad de almacenamiento de 15 metros cúbicos de agua.

---

<sup>23</sup> NSR-10 título C (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010).

Ilustración 9 Pre diseño de la estructura.



Fuente: Propia.

### 3.2.4. Fase 4. Análisis sísmico.

Una vez definido el tipo de perfil del suelo se procede a definir los coeficientes de aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) y el coeficiente de velocidad pico efectiva ( $A_v$ ) por medio de la tabla A.2.3-2, una vez definidos estos coeficientes se determinan los coeficientes ( $F_a$ ) y ( $F_v$ ) con la ayuda de las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 descritas en el título A del reglamento NSR-10<sup>24</sup>, también se determina el coeficiente de importancia de la estructura por medio de la tabla A.2.5-1 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-26).

<sup>24</sup> Tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 del título A del reglamento NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Posteriormente se procede a realizar el diseño del espectro de aceleraciones donde se especifican los períodos de vibración vs las fracciones de aceleración horizontal de la gravedad ( $S_a$ ), como lo describe la gráfica 1.

Para el cálculo de los periodos de vibración del espectro de diseño se realizan con las fórmulas A.2.6-1, A.2.6-2, A.2.6-3, A.2.6-4, A.2.6-5, A.2.6-6 y A.2.6-7 del título A de la norma NSR-10. Una vez se obtiene el espectro de aceleraciones se procede a calcular la fuerza sísmica por medio del método de la fuerza horizontal equivalente.

### **3.2.5. Fase 5. Cálculo de la fuerza del sismo.**

Luego de obtener los datos del espectro de aceleraciones se procede a calcular la fuerza del sismo, por medio del método de la fuerza horizontal equivalente<sup>25</sup> donde:

Se calcula el periodo fundamental de la edificación con la formula A.4.2-3 de la norma y con ayuda de la tabla A.4.2-1 de la norma NSR-10 donde se determina  $C_t$  y  $\alpha$ .

Luego de calcular el periodo fundamental de la estructura éste se ubica en la gráfica obtenida del espectro de diseño y se traspola obteniendo un valor de  $S_a$ , luego se calcula el peso total de la estructura, es decir, la carga muerta de la estructura.

Una vez calculado el peso total de la estructura se multiplica con el valor obtenido del espectro de aceleraciones  $S_a$ , el resultado obtenido, es el valor del Cortante sísmico en la base, la fórmula que se usa es la A.4.3-1 de la norma NSR-10 (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-63) para el cálculo del Cortante basal  $V_s$ .

---

<sup>25</sup> Método de la fuerza horizontal equivalente, Titulo A, capitulo A.4. del reglamento NSR-10 (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010).

Posteriormente se procede a calcular la fuerza del sismo para cada uno de los niveles de la estructura mediante las formulas A.4.3-2 y A.4.3-3 del título A de la norma NSR-10<sup>26</sup>.

Luego de calcular la fuerza horizontal de cada piso se procede a calcular el momento torsor en x y y de la estructura.

### **3.2.6. Fase 6. Análisis de cargas.**

A pesar de ser una fase muy fácil de elaborar es la más importante ya que un error en el cálculo de las cargas puede generar fallas en la estructura incluso llegar al colapso, en el análisis de cargas se tienen las cargas muertas, vivas, fuerza de sismo y la fuerza del viento, la cual no se tiene en consideración ya que donde se encuentra ubicada la zona donde se desea construir la estructura la velocidad del viento no genera la fuerza suficiente para afectar la estructura, el análisis de cargas se desarrolla de acuerdo a los parámetros descritos en el reglamento de construcción NSR-10<sup>27</sup> una vez obtenidos los datos de las cargas se procede a realizar las combinaciones de cargas descritas en el título B de la norma NSR-10<sup>28</sup>.

### **3.2.7. Fase 7. Simulación.**

Una vez realizadas las fases anteriores se procede a dibujar le pre diseño en el programa de análisis de estructuras SAP2000, para realizar la simulación de la estructura ante el efecto de la fuerza del sismo, y así obtener los desplazamientos horizontales producidos por esta fuerza y verificar las derivas exigidas por la norma NSR-10<sup>29</sup>, utilizando la formula A.6.3-1 del título A se

---

<sup>26</sup> Fuerza sísmica horizontal, título A, capítulo A.4. formula A.4.3-2. del reglamento NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>27</sup> Análisis de cargas, título B del reglamento NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>28</sup> Combinación de cargas, título B, capítulo B.2. del reglamento NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>29</sup> Requisitos de la deriva, Título A, capítulo A.6. del reglamento NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

efectúa el cálculo y se verifica como lo describe la tabla A.6.4-1 del título A de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-76).

Cuando las derivas no cumplen se hacen cambios en el pre diseño, es decir, se amplía la sección de los elementos o se aumenta la resistencia del material hasta que las derivas cumplan, quedando así en los diseños finales, luego se procede a simular las combinaciones de cargas establecidas en la norma NSR-10, una vez simuladas las cargas de estas se obtienen los resultados de momento y esfuerzo Cortante, cuyos datos son de vital importancia para el diseño estructural de las vigas y columnas.

### **3.2.8. Fase 8. Diseño de las vigas.**

Cuando se obtienen los resultados de momento y esfuerzo cortante de la simulación, se procede a realizar el diseño de las vigas por medio del método de la resistencia última<sup>30</sup>, donde se calcula la cantidad de acero reforzado requerido para flexión y para Cortante en cada viga, para realizar esta fase los datos se introducen en los siguientes formatos descritos en las tablas del capítulo diseño de elementos del presente documento.

### **3.2.9. Fase 9. Diseño de columnas.**

Para el diseño de las columnas se requieren los resultados de la fuerza axial y el momento de la simulación, para realizar el cálculo del refuerzo de acero de las columnas se realiza por medio de los diagramas de interacción<sup>31</sup>, cumpliendo los parámetros exigidos por la norma NSR-10, se define un diseño de una columna y a partir de allí se realiza el diagrama de interacción de esa columna, una vez realizada la gráfica dentro de ella se ubica el punto de carga axial vs momento,

---

<sup>30</sup> Método de la resistencia última, capítulo 2 (Segura Franco, 2011).

<sup>31</sup> Columnas, capítulo 6, (Segura Franco, 2011).

si este punto no queda por encima de la zona de falla frágil, que es la zona de diseño se dice que el diseño establecido cumple con las solicitaciones de la estructura. Para el diseño de las columnas por Cortante se establece por los parámetros descritos en la norma NSR-10<sup>32</sup>.

### **3.2.10. Fase 10. Diseño de las losas en dos direcciones.**

Para realizar el diseño de las losas se usó el método de los coeficientes<sup>33</sup>, donde primero se realiza un pre diseño que consiste en determinar el espesor de la losa, una vez se obtiene ese valor se calcula la relación de los lados  $x$ ,  $y$  de la losa y como esta losa no tiene voladizos sus momentos son positivos los cuales se calculan con la ayuda de las tablas C.13.9-2 y C.13.9-3 y la fórmula C.13-8 del título C de la norma NSR-10<sup>34</sup>, donde también se indica los parámetros mínimos de diseño de columnas.

### **3.2.11. Fase 11. Diseño de cimentaciones.**

Posteriormente de realizar el diseño de las vigas y las columnas se procede a diseñar la cimentación, ésta es una de las partes más importantes de la estructura ya que es la que le permite transferir las cargas al suelo, para el diseño de la cimentación se realiza por medio del método de la capacidad de carga ultima de Meyerhof, junto con los resultados del estudio de suelos se calcula el valor de  $B$  de la zapata, posterior a esto se realiza el cálculo de la cantidad de acero de refuerzo para la zarpa de la zapata como lo indica el título C de la norma NSR-10<sup>35</sup>.

### **3.2.12. Fase 12. Diseño de los muros.**

Para el diseño de los muros que van a contener el agua es decir los muros de tanque los diseños de estos se realizaran con la ayuda del software Tanque el cual nos permite analizar el

---

<sup>32</sup> Título C, capítulo 11, norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>33</sup> Método de los coeficientes, Capítulo 7 (Segura Franco, 2011)

<sup>34</sup> Título C, capítulo 13. De la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

<sup>35</sup> Título C, capítulo 15 de la norma NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

comportamiento que tienen los muros al contener el agua y cómo reaccionan ante las fuerzas convectivas e inyectivas.

### **3.2.13. Fase 13. Realización de los planos finales.**

Para finalizar se realizan los planos constructivos y de detalle donde se indiquen los diseños de cada viga y columna para visualizar cómo debe ir el acero de refuerzo, como deben estar los ganchos, indicando la separación de los estribos y el diseño de la zarpa de las zapatas, muros y lozas para que se pueda realizar una buena interpretación de los planos y se pueda construir de una manera óptima.

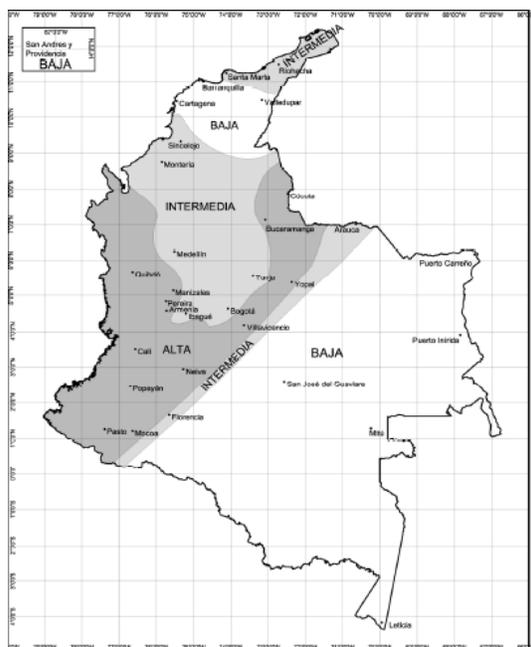
## **4. Cálculos y resultados**

### **4.1. Análisis sísmico.**

#### *Parámetros sísmicos*

El proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Villavicencio-Meta, el cual se encuentra localizado sobre una Zona de Amenaza Sísmica Alta, según lo estipulado en la Figura A.2.3-1, del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Figura 1. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de  $A_a$  y  $A_v$ .



Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-17)

El coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño ( $A_a$ ) y el coeficiente que representa de velocidad horizontal pico efectiva ( $A_v$ ), para Villavicencio se obtiene de la tabla A.2.3-2 de la NSR-10. El cual se obtiene:

$$A_a = 0.35$$

$$A_v = 0.30$$

Tabla 14. Valor de  $A_a$  v  $A_v$  para Villavicencio.

Ciudad	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica
Villavicencio	0.35	0.30	Alta

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, págs. A-16)

Mediante el estudio de suelos que se ha realizado en la zona del proyecto, en la finca de la Universidad Cooperativa de Colombia (Finca La Vitrina), se determinó que el tipo de suelo según su perfil estratigráfico es D siguiendo los criterios descritos en la tabla A.2.4-1 del título A de la NSR-10.

Tabla 15. Perfil del suelo estudiado.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$ , o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-22)

En base al tipo de suelo y a los coeficientes  $A_a$  y  $A_v$ , se obtiene el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos ( $F_a$ ) y el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios ( $F_v$ ) de la tabla A.2.4-3 y A.2.4-4, del título A de la NSR-10.

Tabla 16. Valor de coeficiente  $F_a$ .

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-23)

El valor  $F_a$  se determina por medio de la interpolación entre  $A_a = 0.3$  y  $A_a = 0.4$ , teniendo en cuenta el tipo de suelo. Se obtuvo:

$$F_a = 1.15$$

Tabla 17. Valores de coeficiente  $F_v$ .

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-24)

El tipo de perfil es D y el coeficiente  $A_v=0.3$ , por lo tanto, se determina el valor de coeficiente  $F_v$  de manera directa sin necesidad de interpolar. Obteniendo como resultado:

$$F_v = 1.80$$

### Coeficiente de importancia (I)

El tanque elevado de almacenamiento de agua potable es una estructura de atención a la comunidad, en los grupos de uso, se encuentra en el Grupo IV, como edificaciones indispensables, esta debe funcionar durante y después de un sismo.

De la tabla A.2.5-1 de la NSR-10, se obtiene el valor de coeficiente de importa (I) respecto del grupo de uso.

Tabla 18. Valores de los coeficientes de importancia descritos en la norma NSR-10.

Tabla A.2.5-1  
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-24).

Se tiene:

Grupo de uso IV  $\rightarrow$   $I=1.5$

### ***Espectro de diseño***

#### *Espectro de aceleraciones*

El espectro elástico de aceleraciones permite conocer la reacción de una estructura ante un sismo. Se expresa en términos de fracción de la gravedad ( $S_a$ ).

De la ecuación (A.2.6-1) de la NSR-10, se obtiene el valor de  $S_a$ .

$$S_a = \frac{1.2A_v F_v I}{T}$$

T: Periodo de vibración del sistema elástico en segundos.

Para graficar el espectro elástico de aceleraciones, se tiene en cuenta los periodos de vibración  $T_o$ ,  $T_c$ , y  $T_L$  (cada uno en segundos), el cual se calcula de la siguiente manera.

Para  $T_o$ , Corresponde al inicio de la zona de aceleraciones, se obtiene de la ecuación A.2.6-6 de la NSR-10.

$$T_o = 0.1 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

Para  $T_c$ , Corresponde a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para periodos cortos y la parte descendiente del mismo, se obtiene de la ecuación A.2.6-2 de la NSR-10.

$$T_c = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

Para  $T_L$ , Corresponde al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para periodos largos, se obtiene de la ecuación A.2.6-4 de la NSR-10.

$$T_L = 2.4Fv$$

Por lo tanto,

$$T_o = 0.1 \frac{(0.3)(1.8)}{(0.35)(1.15)}$$

$$T_o = 0.13 \text{ s}$$

$$T_c = 0.48 \frac{(0.3)(1.8)}{(0.35)(1.15)}$$

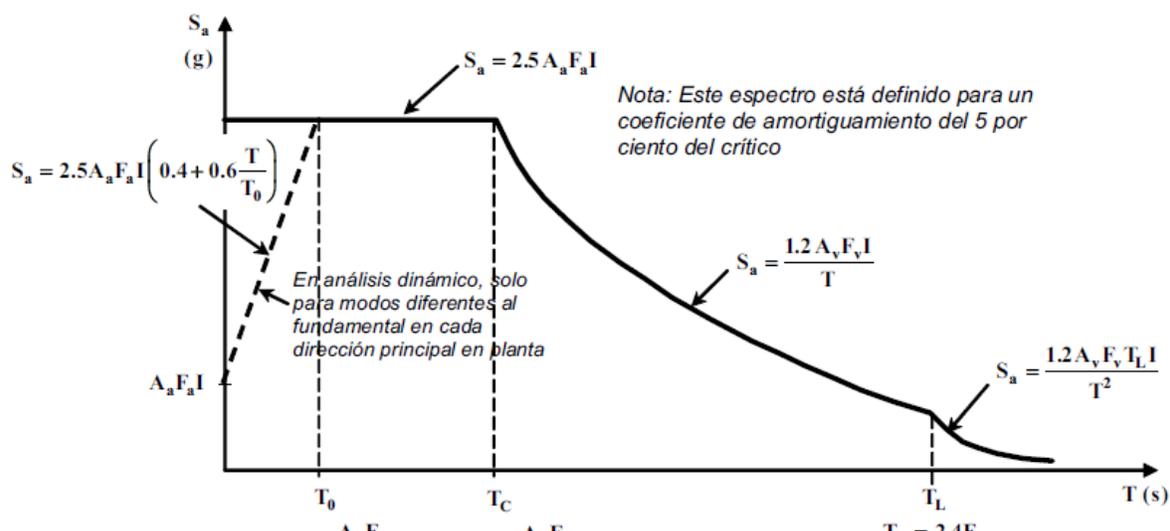
$$T_c = 0.64 \text{ s}$$

$$T_L = 2.4(1.8)$$

$$T_L = 4.32 \text{ s}$$

Para graficar el espectro elástico de aceleraciones, se toma como referencia la Figura A.2.6-1 de la NSR-10.

Gráfica 4. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, págs. A-27)

Para calcular el valor de período de vibración fundamental aproximado ( $T_a$ ), se consigue el coeficiente que se usa para calcular el periodo de la estructura ( $C_t$ ) y el exponente que se utiliza para calcular el periodo de la estructura ( $\alpha$ ), que se encuentran en la Tabla A.4.2-1 de la NSR-10.

Aplicando la ecuación A.4.2-3 de la NSR-10, se obtiene el siguiente  $T_a$ .

$$T_a = Ct(h)^\alpha$$

Donde  $h$  es la altura en metros desde la base hasta el nivel más alto del pórtico.

El sistema estructural que se va a usar para el diseño del tanque elevado es pórtico, cuyo material es concreto reforzado, por esta razón, se aplican los siguientes valores.

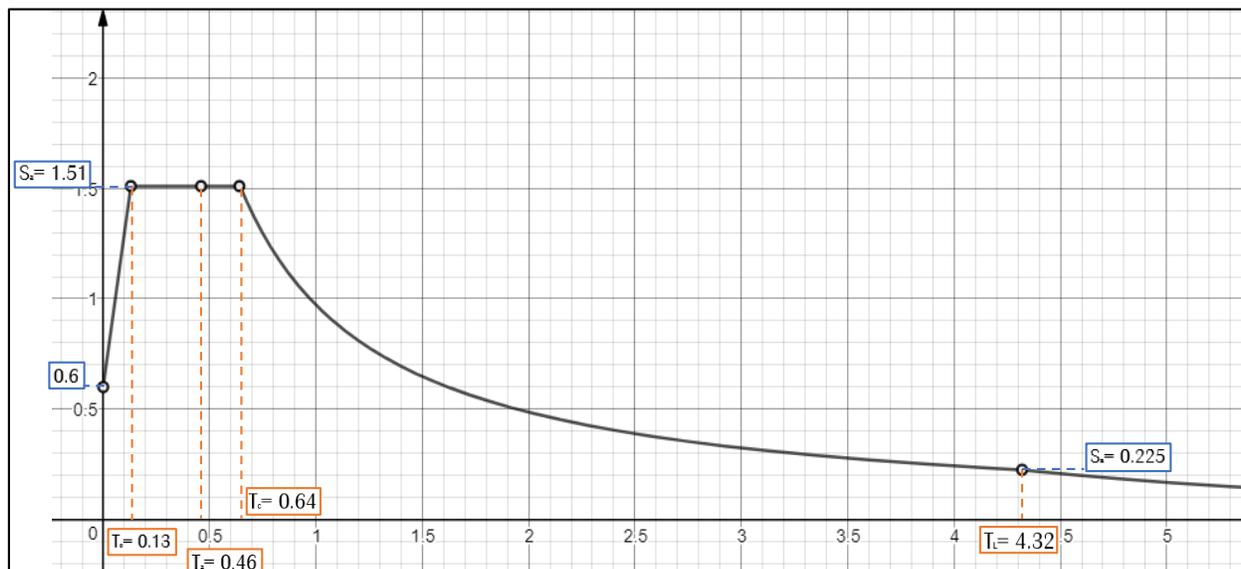
$$T_a = (0.047)(12.59)^{0.9} = 0.46s$$

Tabla 19. Período vs. Aceleración espectral

T(s)	Sa (g)
0.00	0.60
0.05	0.94
0.10	1.28
0.11	1.35
0.13	1.51
0.18	1.51
0.30	1.51
0.46	1.51
0.60	1.51
0.64	1.51
0.70	1.39
0.75	1.30
0.80	1.22
0.85	1.14
0.90	1.08
0.95	1.02
1.00	0.97
1.50	0.65
2.00	0.49
2.50	0.39
3.00	0.32
3.50	0.28
3.40	0.24
4.32	0.225
4.65	0.194
5.00	0.168
5.50	0.139
6.00	0.12
6.50	0.099
7.00	0.086
7.50	0.075
8.00	0.066

Fuente: Propia.

Gráfica 5. Espectro de Aceleraciones.



Fuente: Propia.

La Gráfica 5, demuestra que para un periodo  $Ta = 0.46$ , hay una aceleración espectral  $Sa = 1.51$ .

#### 4.1.1. Análisis de cargas.

##### *Carga muerta horizontal*

$$\text{Peso de la placa inferior} = 24 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.16\text{m} = 3.84 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de la placa superior} = 24 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.10\text{m} = 2.40 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Agua} = \frac{10 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 15\text{m}^3}{9\text{m}^2} = 16.67 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Pañete en concreto} = 0.25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \times 2 = 0.50 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Acabado de piso en concreto} = 0.02 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2 - \text{mm}|1} \times 20\text{mm} = 0.40 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Baldosa cerámica} = 0.8 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total, de Carga Muerta Horizontal} = 24.61 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

***Carga muerta vertical***

$$\text{Enchape cerámico} = 0.015 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2\text{-mm}} \times 20\text{mm} = 0.30 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Pañete} = 21 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.02\text{m} \times 2 = 0.84 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Muro} = 24 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.16\text{m} = 3.84 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total, de Carga Muerta Vertical} = 4.98 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total, de Carga Muerta} = CMH + CMV = 29.59 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Total, Carga Muerta (CM)} = \frac{29.59 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \times 2.25\text{m}^2}{3\text{m}}$$

$$= 22.19 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\text{Total, Carga Viva (CV)} = \frac{6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \times 2.25\text{m}^2}{3\text{m}}$$

$$= 4.50 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

#### 4.1.2. Cálculo de la fuerza sísmica por el método de la fuerza horizontal equivalente.

K, es un exponente relacionado con el periodo fundamental T, el cual depende de.

- Para T menor o igual a 0.5 segundos,  $k = 1.0$
- Para T entre 0.5 y 2.5 segundos,  $k = 0.75 + 0.5T$ , y
- Para T mayor que 2.5 segundos,  $k = 2.0$

Por lo tanto, como  $T < 0.5$ ,  $K=1.0$

#### Cálculo de la fuerza sísmica

Tabla 20. Cálculo de la fuerza sísmica en la dirección x.

Piso	Wi	hi	hi <sup>k</sup>	Wi*hi <sup>k</sup>	Cvx%	Fx
5	389,22	10,13	10,13	3940,85	0,85	681,08
4	48,64	7,50	7,50	364,82	0,08	63,05
3	47,52	5,00	5,00	237,60	0,05	41,06
2	47,52	2,50	2,50	118,80	0,03	20,53
Σ	533,80			4662,08	1,00	805,72

Fuente: Propia.

Tabla 21. Cálculo de la fuerza sísmica en la dirección y.

Piso	Wi	hi	hi <sup>k</sup>	Wi*hi <sup>k</sup>	Cvy%	Fy
5	389,22	10,13	10,13	3940,85	0,85	681,08
4	48,64	7,50	7,50	364,82	0,08	63,05
3	47,52	5,00	5,00	237,60	0,05	41,06
2	47,52	2,50	2,50	118,80	0,03	20,53
Σ	533,80			4662,08	1,00	805,72

Fuente: Propia.

Para el cálculo de la fuerza sísmica se usaron las siguientes formulas:

$$F_x = C_{Vx} V_s, \text{ donde:}$$

$F_x$ : Es la fuerza horizontal producida por el sismo.

$C_{Vx}$ : Coeficiente de distribución.

$V_s$ : Cortante sísmico basal.

$$V_s = CMT_a, \text{ donde:}$$

CM: Carga muerta de la estructura.

Ta: periodo fundamental de la estructura.

$$C_{Vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_i^n w_i h_i^k}, \text{ donde:}$$

$w_x$ : Valor del peso total en el piso x.

$h_x$ : Distancia desde la base de la estructura hasta el piso x.

Momento de torsión accidental en x e y.

Tabla 22. Cálculo del momento de torsión accidental en x y y de la estructura.

Piso	$V_s$	e(m)	MT(KN-m)
5	681,08	0,15	102,16
4	744,13	0,15	111,62
3	785,19	0,15	117,78
2	805,72	0,15	120,86

Fuente: Propia.

Para el cálculo de estos momentos se usó la siguiente formula:

$$M_{tx} = V_s e_x, \text{ donde:}$$

$V_s$ : Cortante sísmico basal.

$e_x$ : excentricidad accidental.

### 4.1.3. Verificación de las derivas.

Para la verificación de las derivas se necesitan los desplazamientos horizontales generados por el sismo, estos resultados se calculan por medio del software SAP2000, el cual usa el método matricial para calcular los desplazamientos, descritos en la tabla 23 y en la tabla 24.

Tabla 23. Desplazamientos producidos por la fuerza del sismo en la dirección x con columnas de sección 25x25cm.

Punto	Dirección	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	SX	0	0	0	0	0	0
2	SX	0.045877	0.006329	-0.001701	-0.000654	0.00668	0.004219
3	SX	0.098622	0.011723	-0.002907	-0.00047	0.007286	0.007815
4	SX	0.149264	0.015237	-0.00362	-0.000276	0.007273	0.010158
5	SX	0.196245	0.017059	-0.003882	-0.000024	0.002932	0.011372
6	SX	0	0	0	0	0	0
7	SX	0.045877	-0.00633	0.001701	0.000654	0.00668	0.004219
8	SX	0.098622	-0.01172	0.002907	0.00047	0.007286	0.007815
9	SX	0.149264	-0.01524	0.00362	0.000276	0.007273	0.010158
10	SX	0.196245	-0.01706	0.003882	0.000024	0.002932	0.011372
11	SX	0	0	0	0	0	0
12	SX	0.033219	-0.00633	0.001701	0.000654	0.005372	0.004219
13	SX	0.075176	-0.01172	0.002907	0.00047	0.006346	0.007815
14	SX	0.118789	-0.01524	0.00362	0.000277	0.006721	0.010158
15	SX	0.162128	-0.01706	0.003882	6.502E-06	0.002901	0.011372
16	SX	0	0	0	0	0	0
17	SX	0.033219	0.006329	-0.001701	-0.000654	0.005372	0.004219
18	SX	0.075176	0.011723	-0.002907	-0.00047	0.006346	0.007815
19	SX	0.118789	0.015237	-0.00362	-0.000277	0.006721	0.010158
20	SX	0.162128	0.017059	-0.003882	-6.5E-06	0.002901	0.011372
21	SX	0.179186	2.77E-14	0	0	0	0.011372
22	SX	0.201469	0.01706	-0.003889	0.000014	0.002473	0.011374
23	SX	0.201469	-0.01706	0.003889	-0.000014	0.002473	0.011374
24	SX	0.167348	-0.01706	0.003889	3.473E-06	0.002484	0.011374
25	SX	0.167348	0.01706	-0.003889	-3.47E-06	0.002484	0.011374
26	SX	0.184409	2.8E-14	0	0	0	0.011374
27	SX	0.134027	2.05E-14	0	0	0	0.010158
28	SX	0.086899	1.32E-14	0	0	0	0.007815
29	SX	0.039548	5.97E-15	0	0	0	0.004219

Fuente: Propia.

Tabla 24. Desplazamientos producidos por la fuerza del sismo en la dirección y con columnas de sección 25x25cm.

Punto	Dirección	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	SY	0	0	0	0	0	0
2	SY	0.006329	0.045877	0.001701	-0.00668	0.000654	0.004219
3	SY	0.011723	0.098622	0.002907	-0.007286	0.00047	0.007815
4	SY	0.015237	0.149264	0.00362	-0.007273	0.000276	0.010158
5	SY	0.017059	0.196245	0.003882	-0.002932	0.000024	0.011372
6	SY	0	0	0	0	0	0
7	SY	0.006329	0.033219	0.001701	-0.005372	0.000654	0.004219
8	SY	0.011723	0.075176	0.002907	-0.006346	0.00047	0.007815
9	SY	0.015237	0.118789	0.00362	-0.006721	0.000277	0.010158
10	SY	0.017059	0.162128	0.003882	-0.002901	6.502E-06	0.011372
11	SY	0	0	0	0	0	0
12	SY	-0.006329	0.033219	-0.001701	-0.005372	-0.000654	0.004219
13	SY	-0.011723	0.075176	-0.002907	-0.006346	-0.00047	0.007815
14	SY	-0.015237	0.118789	-0.00362	-0.006721	-0.000277	0.010158
15	SY	-0.017059	0.162128	-0.003882	-0.002901	-6.502E-06	0.011372
16	SY	0	0	0	0	0	0
17	SY	-0.006329	0.045877	-0.001701	-0.00668	-0.000654	0.004219
18	SY	-0.011723	0.098622	-0.002907	-0.007286	-0.00047	0.007815
19	SY	-0.015237	0.149264	-0.00362	-0.007273	-0.000276	0.010158
20	SY	-0.017059	0.196245	-0.003882	-0.002932	-0.000024	0.011372
21	SY	3.063E-14	0.179186	0	0	0	0.011372
22	SY	0.01706	0.201469	0.003889	-0.002473	-0.000014	0.011374
23	SY	0.01706	0.167348	0.003889	-0.002484	3.473E-06	0.011374
24	SY	-0.01706	0.167348	-0.003889	-0.002484	-3.473E-06	0.011374
25	SY	-0.01706	0.201469	-0.003889	-0.002473	0.000014	0.011374
26	SY	3.19E-14	0.184409	0	0	0	0.011374
27	SY	2.217E-14	0.134027	0	0	0	0.010158
28	SY	1.399E-14	0.086899	0	0	0	0.007815
29	SY	6.235E-15	0.039548	0	0	0	0.004219

Fuente: Propia.

Para el cálculo de las derivas se usó la siguiente ecuación:

$$\Delta = \sqrt{(U1_i - U1_{i-1})^2 + (U2_i - U2_{i-1})^2}, \text{ donde:}$$

$U1_i$ : Desplazamiento en la dirección x del nudo en el piso i.

$U2_i$ : Desplazamiento en la dirección y del nudo en el piso i.

Tabla 25. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje A-1.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-1
P6	23	0.201469	-0.01706	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	10	0.196245	-0.017059	0.0470	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	9	0.149264	-0.015237	0.0508	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	8	0.098622	-0.011723	0.0530	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	7	0.045877	-0.006329	0.0463	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	6	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 26. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje A-2.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-2
P6	24	0.167348	-0.01706	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	15	0.162128	-0.017059	0.0434	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	14	0.118789	-0.015237	0.0438	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	13	0.075176	-0.011723	0.0423	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	12	0.033219	-0.006329	0.0338	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	11	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 27. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje B-1.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-1
P6	22	0.201469	0.017060	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	5	0.196245	0.017059	0.0470	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	4	0.149264	0.015237	0.0508	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	3	0.098622	0.011723	0.0530	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	2	0.045877	0.006329	0.0463	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	1	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 28. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje B-2.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-2
P6	25	0.167348	0.017060	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	20	0.162128	0.017059	0.0434	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	19	0.118789	0.015237	0.0438	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	18	0.075176	0.011723	0.0423	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	17	0.033219	0.006329	0.0338	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	16	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 29. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección y en el eje A-1.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-1
P6	23	0.01706	0.167348	0.0052	2.00	0.02	CUMPLE
P5	10	0.017059	0.162128	0.0434	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	9	0.015237	0.118789	0.0438	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	8	0.011723	0.075176	0.0423	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	7	0.006329	0.033219	0.0338	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	6	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 30. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección y en el eje A-2.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-2
P6	24	-0.01706	0.167348	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	15	-0.017059	0.162128	0.0434	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	14	-0.015237	0.118789	0.0438	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	13	-0.011723	0.075176	0.0423	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	12	-0.006329	0.033219	0.0338	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	11	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 31. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección y en el eje B-1.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-1
P6	22	0.01706	0.201469	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	5	0.017059	0.196245	0.0470	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	4	0.015237	0.149264	0.0508	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	3	0.011723	0.098622	0.0530	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	2	0.006329	0.045877	0.0463	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	1	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 32. Formato para el cálculo y verificación de las derivas de la columna de sección 25x25cm del sismo en dirección x en el eje B-2.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-2
P6	25	-0.01706	0.201469	0.0052	2.00	0.020	CUMPLE
P5	20	-0.017059	0.196245	0.0470	2.63	0.026	NO CUMPLE
P4	19	-0.015237	0.149264	0.0508	2.50	0.025	NO CUMPLE
P3	18	-0.011723	0.098622	0.0530	2.50	0.025	NO CUMPLE
P2	17	-0.006329	0.045877	0.0463	2.50	0.025	NO CUMPLE
P1	16	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Como las derivas no cumplen en ninguno de los puntos de la estructura se procede a aumentar la sección de las columnas para generar más rigidez en la estructura.

Tabla 33. Desplazamientos producidos por la fuerza del sismo en la dirección x con columnas de 35x35cm.

Punto	Dirección	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	SX	0	0	0	0	0	0
2	SX	0.016467	0.002034	-0.000819	-0.000572	0.005731	0.001356
3	SX	0.040188	0.004204	-0.001413	-0.000438	0.006295	0.002803
4	SX	0.063239	0.005653	-0.001767	-0.000255	0.005781	0.003768
5	SX	0.081198	0.006339	-0.001917	-0.000025	0.001685	0.004226
6	SX	0	0	0	0	0	0
7	SX	0.016467	-0.00203	0.000819	0.000572	0.005731	0.001356
8	SX	0.040188	-0.0042	0.001413	0.000438	0.006295	0.002803
9	SX	0.063239	-0.00565	0.001767	0.000255	0.005781	0.003768
10	SX	0.081198	-0.00634	0.001917	0.000025	0.001685	0.004226
11	SX	0	0	0	0	0	0
12	SX	0.012399	-0.00203	0.000819	0.000572	0.004587	0.001356
13	SX	0.03178	-0.0042	0.001413	0.000438	0.005419	0.002803
14	SX	0.051934	-0.00565	0.001767	0.000257	0.005269	0.003768
15	SX	0.068521	-0.00634	0.001917	0.000011	0.001649	0.004226
16	SX	0	0	0	0	0	0
17	SX	0.012399	0.002034	-0.000819	-0.000572	0.004587	0.001356
18	SX	0.03178	0.004204	-0.001413	-0.000438	0.005419	0.002803
19	SX	0.051934	0.005653	-0.001767	-0.000257	0.005269	0.003768
20	SX	0.068521	0.006339	-0.001917	-0.000011	0.001649	0.004226
21	SX	0.074859	5.54E-15	0	0	0	0.004226
22	SX	0.08381	0.006341	-0.001925	0.000013	0.001142	0.004227
23	SX	0.08381	-0.00634	0.001925	-0.000013	0.001142	0.004227
24	SX	0.071129	-0.00634	0.001925	7.583E-07	0.001155	0.004227
25	SX	0.071129	0.006341	-0.001925	-7.58E-07	0.001155	0.004227
26	SX	0.077469	5.7E-15	0	0	0	0.004227
27	SX	0.057587	4.19E-15	0	0	0	0.003768
28	SX	0.035984	2.57E-15	0	0	0	0.002803
29	SX	0.014433	1.02E-15	0	0	0	0.001356

Fuente: Propia.

Tabla 34. Desplazamientos producidos por el sismo en la dirección y con columnas 35x35cm.

Punto	Dirección	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	SY	0	0	0	0	0	0
2	SY	0.002034	0.016467	0.000819	-0.005731	0.000572	0.001356
3	SY	0.004204	0.040188	0.001413	-0.006295	0.000438	0.002803
4	SY	0.005653	0.063239	0.001767	-0.005781	0.000255	0.003768
5	SY	0.006339	0.081198	0.001917	-0.001685	0.000025	0.004226
6	SY	0	0	0	0	0	0
7	SY	0.002034	0.012399	0.000819	-0.004587	0.000572	0.001356
8	SY	0.004204	0.03178	0.001413	-0.005419	0.000438	0.002803
9	SY	0.005653	0.051934	0.001767	-0.005269	0.000257	0.003768
10	SY	0.006339	0.068521	0.001917	-0.001649	0.000011	0.004226
11	SY	0	0	0	0	0	0
12	SY	-0.002034	0.012399	-0.000819	-0.004587	-0.000572	0.001356
13	SY	-0.004204	0.03178	-0.001413	-0.005419	-0.000438	0.002803
14	SY	-0.005653	0.051934	-0.001767	-0.005269	-0.000257	0.003768
15	SY	-0.006339	0.068521	-0.001917	-0.001649	-0.000011	0.004226
16	SY	0	0	0	0	0	0
17	SY	-0.002034	0.016467	-0.000819	-0.005731	-0.000572	0.001356
18	SY	-0.004204	0.040188	-0.001413	-0.006295	-0.000438	0.002803
19	SY	-0.005653	0.063239	-0.001767	-0.005781	-0.000255	0.003768
20	SY	-0.006339	0.081198	-0.001917	-0.001685	-0.000025	0.004226
21	SY	5.868E-15	0.074859	0	0	0	0.004226
22	SY	0.006341	0.08381	0.001925	-0.001142	-0.000013	0.004227
23	SY	0.006341	0.071129	0.001925	-0.001155	7.583E-07	0.004227
24	SY	-0.006341	0.071129	-0.001925	-0.001155	-7.583E-07	0.004227
25	SY	-0.006341	0.08381	-0.001925	-0.001142	0.000013	0.004227
26	SY	6.027E-15	0.077469	0	0	0	0.004227
27	SY	4.448E-15	0.057587	0	0	0	0.003768
28	SY	2.733E-15	0.035984	0	0	0	0.002803
29	SY	1.084E-15	0.014433	0	0	0	0.001356

Fuente: Propia.

Tabla 35. Formato para el cálculo y verificación de las derivas del sismo en dirección x en el eje A-1 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-1
P6	23	0.083810	-0.006341	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	10	0.081198	-0.006339	0.0180	2.63	0.026	CUMPLE
P4	9	0.063239	-0.005653	0.0231	2.50	0.025	CUMPLE
P3	8	0.040188	-0.004204	0.0238	2.50	0.025	CUMPLE
P2	7	0.016467	-0.002034	0.0166	2.50	0.025	CUMPLE
P1	6	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 36. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección x en el eje A-2 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-2
P6	24	0.071129	-0.006341	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	15	0.068521	-0.006339	0.0166	2.63	0.026	CUMPLE
P4	14	0.051934	-0.005653	0.0202	2.50	0.025	CUMPLE
P3	13	0.031780	-0.004204	0.0195	2.50	0.025	CUMPLE
P2	12	0.012399	-0.002034	0.0126	2.50	0.025	CUMPLE
P1	11	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 37. Calculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección x en el eje B-1 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-1
P6	22	0.083810	0.006341	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	5	0.081198	0.006339	0.0180	2.63	0.026	CUMPLE
P4	4	0.063239	0.005653	0.0231	2.50	0.025	CUMPLE
P3	3	0.040188	0.004204	0.0238	2.50	0.025	CUMPLE
P2	2	0.016467	0.002034	0.0166	2.50	0.025	CUMPLE
P1	1	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 38. Cálculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección x en el eje B-2 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-2
P6	25	0.071129	0.006341	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	20	0.068521	0.006339	0.0166	2.63	0.026	CUMPLE
P4	19	0.051934	0.005653	0.0202	2.50	0.025	CUMPLE
P3	18	0.031780	0.004204	0.0195	2.50	0.025	CUMPLE
P2	17	0.012399	0.002034	0.0126	2.50	0.025	CUMPLE
P1	16	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 39. Cálculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje A-1 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-1
P6	23	0.006341	0.071129	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	10	0.006339	0.068521	0.0166	2.63	0.026	CUMPLE
P4	9	0.005653	0.051934	0.0202	2.50	0.025	CUMPLE
P3	8	0.004204	0.031780	0.0195	2.50	0.025	CUMPLE
P2	7	0.002034	0.012399	0.0126	2.50	0.025	CUMPLE
P1	6	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 40. Cálculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje A-2 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	A-2
P6	24	-0.006341	0.071129	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	15	-0.006339	0.068521	0.0166	2.63	0.026	CUMPLE
P4	14	-0.005653	0.051934	0.0202	2.50	0.025	CUMPLE
P3	13	-0.004204	0.031780	0.0195	2.50	0.025	CUMPLE
P2	12	-0.002034	0.012399	0.0126	2.50	0.025	CUMPLE
P1	11	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 41. Cálculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje B-1 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-1
P6	22	0.006341	0.083810	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	5	0.006339	0.081198	0.0180	2.63	0.026	CUMPLE
P4	4	0.005653	0.063239	0.0231	2.50	0.025	CUMPLE
P3	3	0.004204	0.040188	0.0238	2.50	0.025	CUMPLE
P2	2	0.002034	0.016467	0.0166	2.50	0.025	CUMPLE
P1	1	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Tabla 42. Cálculo y verificación de las derivas del sismo en la dirección y en el eje B-2 con columnas de 35x35cm.

PISO	NUDO	U1	U2	$\Delta$	hp(m)	1%hp(m)	B-2
P6	25	-0.006341	0.083810	0.0026	2.00	0.020	CUMPLE
P5	20	-0.006339	0.081198	0.0180	2.63	0.026	CUMPLE
P4	19	-0.005653	0.063239	0.0231	2.50	0.025	CUMPLE
P3	18	-0.004204	0.040188	0.0238	2.50	0.025	CUMPLE
P2	17	-0.002034	0.016467	0.0166	2.50	0.025	CUMPLE
P1	16	0.000000	0.000000	0.0000	0.00	0.000	CUMPLE

Fuente: Propia.

Una vez verificada las derivas se procede a calcular el coeficiente de reducción sísmica de la siguiente manera:

***Irregularidad en planta ( $\phi_p$ )***

Retrocesos en las esquinas =1.00

Irregularidad del diafragma =1.00

Desplazamiento de los planos de acción =1.00

Sistemas no paralelos =1.00

$\phi_p=1.00$

***Irregularidad en altura ( $\phi_a$ )***

Piso flexible =0.90

Distribución de la masa =0.90

Geometría =1.00

Desplazamiento dentro del plano de acción =1.00

Piso débil =1.00

$$\phi_a=0.81$$

***Ausencia de redundancia ( $\phi_r$ )***

$$\phi_r=1.00$$

***Coefficiente de disipación de energía ( $R_o$ )***

$$R_o=7.00$$

***Capacidad de disipación de energía ( $R$ )***

$$R = R_o \phi_p \phi_a \phi_r.$$

$$R = (7.00)(1.00)(0.81)(1.00).$$

$$R = 5.67.$$

$$E = \frac{F_s}{R}.$$

Tabla 43. Reducción de la fuerza sísmica en la dirección x.

Piso	F <sub>x</sub>	MT <sub>x</sub> (KN-m)	E(KN)	MT <sub>x</sub> /R(KN-m)
5	681.08	102.16	120.12	18.02
4	63.05	111.62	11.12	19.69
3	41.06	117.78	7.24	20.77
2	20.53	120.86	3.62	21.32

Fuente: Propia.

Tabla 44. Reducción de la fuerza sísmica en la dirección y.

Piso	F <sub>y</sub>	MT <sub>y</sub> (KN-m)	E(KN)	MT <sub>y</sub> /R(KN-m)
5	681.08	102.16	120.12	18.02
4	63.05	111.62	11.12	19.69
3	41.06	117.78	7.24	20.77
2	20.53	120.86	3.62	21.32

Fuente: Propia.

Una vez reducida la fuerza del sismo se procede a calcular la mayoración de cargas de la siguiente manera.

### **Mayoración de cargas**

Combinación 1:

$$1.4CM = 1.4 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) = 26.98 \frac{KN}{m}$$

Combinación 2:

$$1.2CM + 1.6CV = 1.2 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) + 1.6 \left( 4.91 \frac{KN}{m} \right) = 30.98 \frac{KN}{m}$$

Combinación 3:

$$1.2CM + 1.6CV = 1.2 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) + 1.6 \left( 4.91 \frac{KN}{m} \right) = 30.98 \frac{KN}{m}$$

Combinación 4:

$$1.2CM + 1.0CV = 1.2 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) + 1.0 \left( 4.91 \frac{KN}{m} \right) = 28.10 \frac{KN}{m}$$

Combinación 5:

$$1.2CM + E + CV = 1.2 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) + 1.0 \left( 120.12 \frac{KN}{m} \right) + 1.0 \left( 4.91 \frac{KN}{m} \right) = 148.15 \frac{KN}{m}$$

Combinación 6:

$$0.9CM = 0.9 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) = 17.34 \frac{KN}{m}$$

Combinación 7:

$$0.9CM + 1.0E = 0.9 \left( 19.27 \frac{KN}{m} \right) + 1.0 \left( 120.12 \frac{KN}{m} \right) = 137.46 \frac{KN}{m}$$

Dentro del programa SAP 2000 se introducen estas combinaciones y otras más que permite el software para un mejor análisis dando como resultado para cada elemento como se describe en la tabla 102 del anexo A; la combinación 19 es una envolvente de todas las combinaciones la cual permite tener los máximos valores tanto positivos como negativos.

## 4.2. Cálculo para el diseño de los elementos.

### 4.2.1. Diseño a flexión.

Posterior al análisis de cargas se procede a diseñar las vigas por el método de resistencia última para el diseño a flexión y por Cortante, estos métodos requieren de los datos de momentos y fuerzas Cortantes las cuales se encuentran en la tabla 102 del anexo A como M3 para el momento y V2 para la fuerza Cortante, para el diseño de los elementos se usaron las siguientes ecuaciones:

$$M = M3.$$

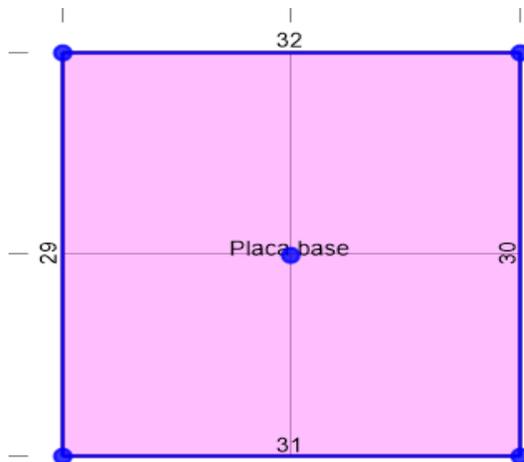
$$M_u = F.S.M.$$

$$K = \frac{M_u}{bd'}$$

$$\rho = \frac{K}{\phi f_y \left[ 1 - 0.59 \rho \left( \frac{f_y}{f'_c} \right) \right]}$$

Los resultados de estos cálculos están descritos en las siguientes tablas.

Ilustración 10. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 10.13 metros.



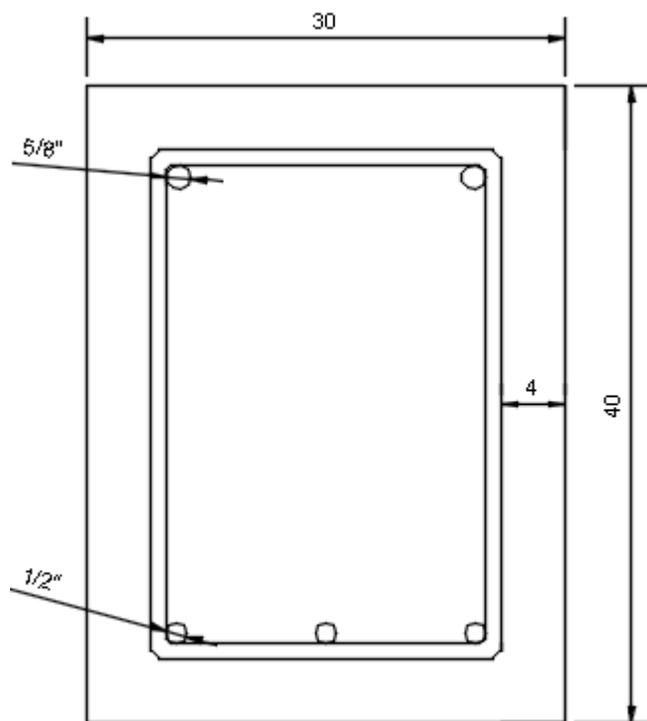
Fuente: Propia.

Tabla 45. Cálculo para el diseño de la viga 29 por flexión.

Flexión			
b	0.3	f <sub>c</sub>	28000
h	0.4	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	29		
	-	+	-
M(KN-m)	27.21	25.78	27.21
Mu(KN-m)	38.09	36.09	38.094
K(KN/m <sup>2</sup> )	1098.44	1040.72	1098.442907
P	0.003333	0.003333	0.003333
As(cm <sup>2</sup> )	3.40	3.40	3.40
BARRAS	2N°5		2N°5
		3N°4	

Fuente: Propia.

Ilustración 11. Descripción gráfica del diseño de la viga 29 por flexión.



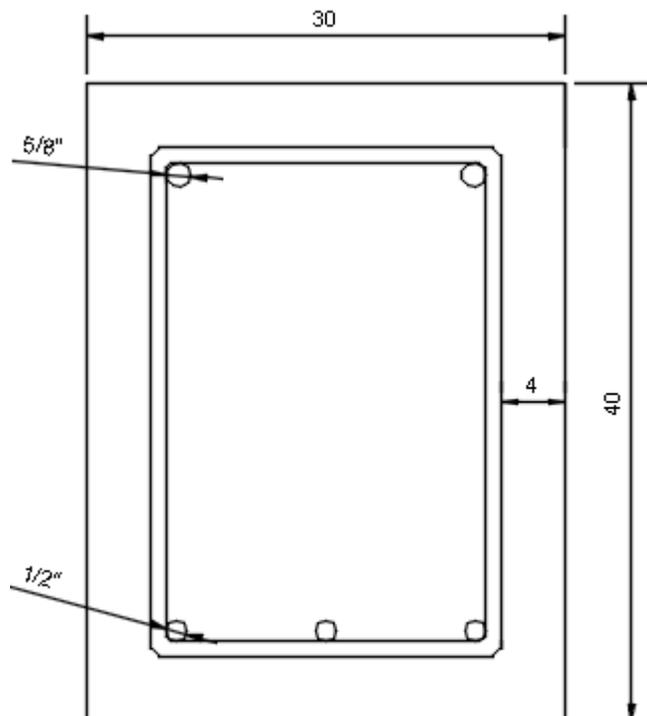
Fuente: Propia.

Tabla 46. Cálculo para el diseño de la viga 30 por flexión.

Flexión			
b	0.3	f <sub>c</sub>	28000
h	0.4	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	30		
M(KN-m)	27.21	25.78	27.21
Mu(KN-m)	38.09	36.09	38.094
K(KN/m <sup>2</sup> )	1098.44	1040.72	1098.442907
ρ	0.003333	0.003333	0.003333
As(cm <sup>2</sup> )	3.40	3.40	3.40
BARRAS	2N°5	3N°4	2N°5

Fuente: Propia.

Ilustración 12. Descripción gráfica del diseño de la viga 30 por flexión.



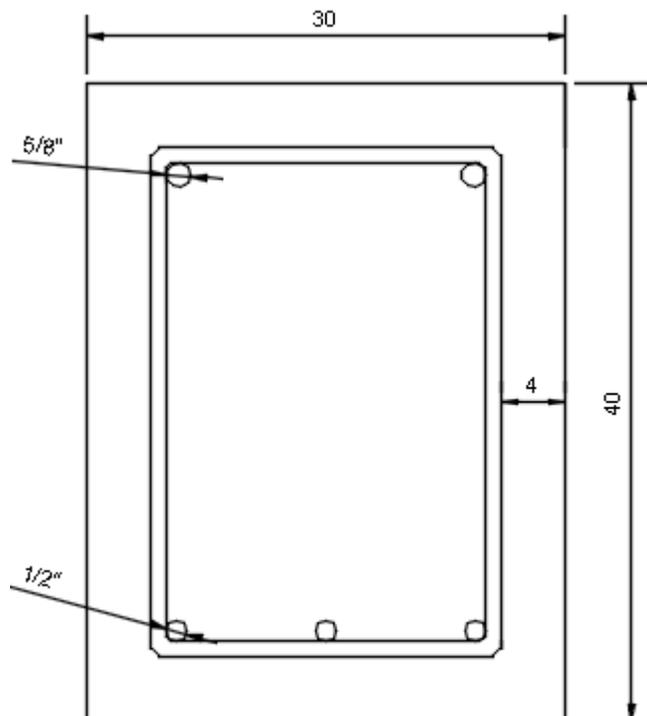
Fuente: Propia.

Tabla 47. Cálculo para el diseño de la viga 30 por flexión.

Flexión			
b	0.3	f <sub>c</sub>	28000
h	0.4	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	31		
M(KN-m)	27.21	25.78	27.21
Mu(KN-m)	38.09	36.09	38.094
K(KN/m <sup>2</sup> )	1098.44	1040.72	1098.442907
ρ	0.003333	0.003333	0.003333
As(cm <sup>2</sup> )	3.40	3.40	3.40
BARRAS	2N°5	3N°4	2N°5

Fuente: Propia.

Ilustración 13. Descripción gráfica del diseño de la viga 31 por flexión.



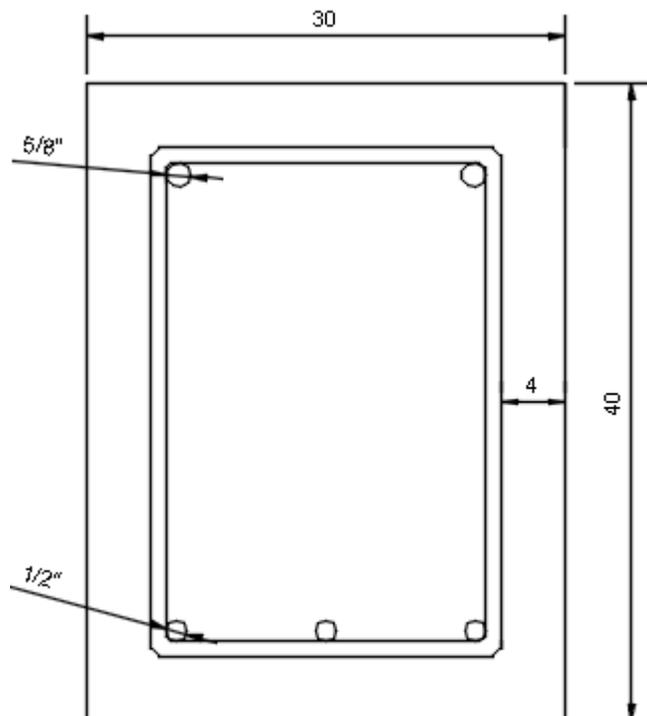
Fuente: Propia.

Tabla 48. Cálculo para el diseño de la viga 32 por flexión.

Flexión			
b	0.3	f <sub>c</sub>	28000
h	0.4	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	29		
M(KN-m)	27.21	25.78	27.21
Mu(KN-m)	38.09	36.09	38.094
K(KN/m <sup>2</sup> )	1098.44	1040.72	1098.442907
ρ	0.003333	0.003333	0.003333
As(cm <sup>2</sup> )	3.40	3.40	3.40
BARRAS	2N°5	3N°4	2N°5

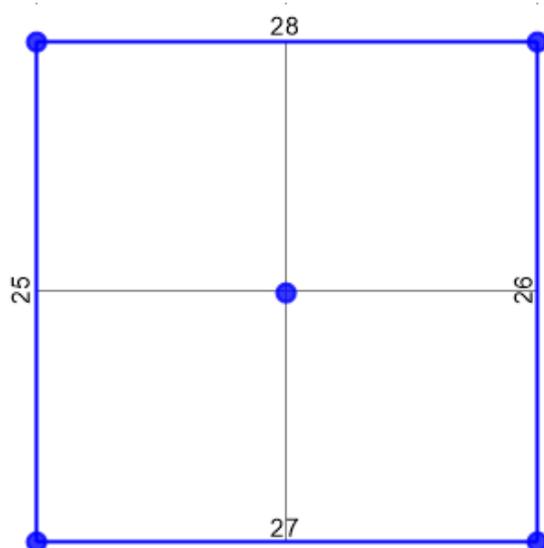
Fuente: Propia.

Ilustración 14. Descripción gráfica del diseño de la viga 32 por flexión.



Fuente: Propia.

Ilustración 15. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 7.5 metros.



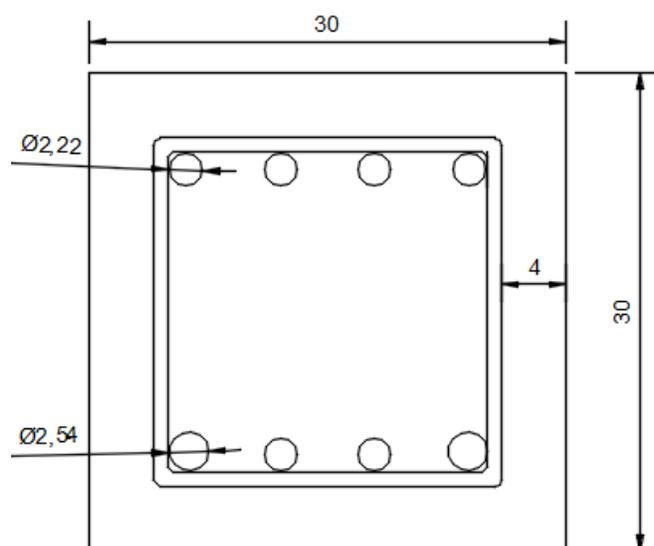
Fuente: Propia.

Tabla 49. Calculo para el diseño de la viga 28 por flexión.

FLEXIÓN			
b	0.3	f'c	28000
h	0.3	fy	420000
F.S.	1.4		
Elemento	28		
	-	+	-
M(KN-m)	80.8	74.91	80.8
Mu(KN-m)	113.12	104.87	113.12
K(KN/m <sup>2</sup> )	6546.30	6069.10	6546.2963
P	0.021354	0.019380	0.021354
As(cm <sup>2</sup> )	15.37	17.44	15.37
BARRAS	4N°7		4N°7
		2N°8 y 2N°7	

Fuente: Propia.

Ilustración 16. Descripción gráfica del diseño de la viga 28 por flexión.



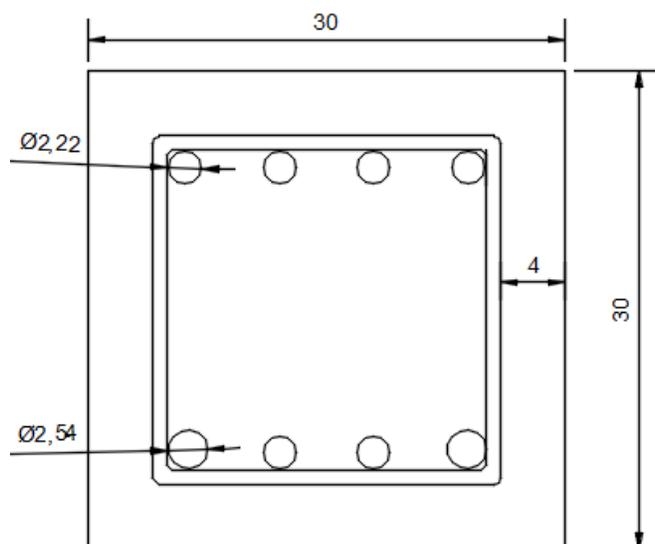
Fuente: Propia.

Tabla 50. Calculo para el diseño de la viga 27 por flexión.

FLEXIÓN			
b	0.3	f <sub>c</sub>	28000
h	0.3	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	27		
	-	+	-
M(KN-m)	80.8	74.91	80.8
M <sub>u</sub> (KN-m)	113.12	104.87	113.12
K(KN/m <sup>2</sup> )	6546.30	6069.10	6546.2963
P	0.021354	0.019380	0.021354
As(cm <sup>2</sup> )	15.37	17.44	15.37
BARRAS	4N°7	2N°8 y 2N°7	4N°7

Fuente: Propia.

Ilustración 17. Descripción gráfica del diseño de la viga 27 por flexión.



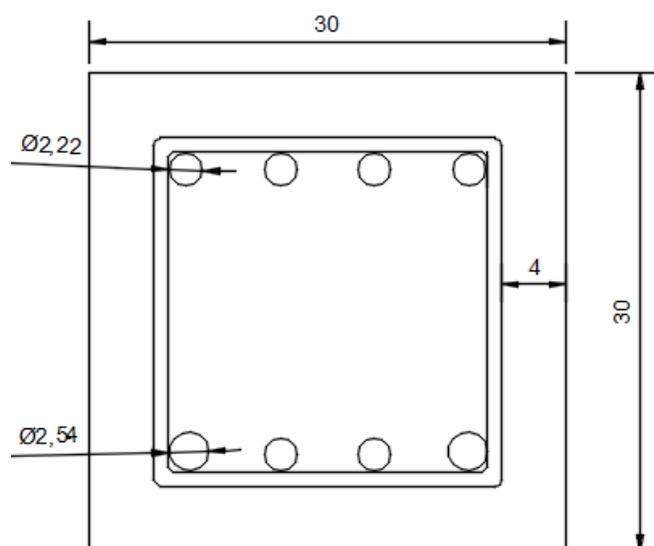
Fuente: Propia.

Tabla 51. Calculo para el diseño de la viga 26 por flexión.

FLEXIÓN			
b	0.3	f <sub>c</sub>	28000
h	0.3	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	26		
	-	+	-
M(KN-m)	80.8	74.91	80.8
M <sub>u</sub> (KN-m)	113.12	104.87	113.12
K(KN/m <sup>2</sup> )	6546.30	6069.10	6546.2963
P	0.021354	0.019380	0.021354
As(cm <sup>2</sup> )	15.37	17.44	15.37
BARRAS	4N°7	2N°8 y 2N°7	4N°7

Fuente: Propia.

Ilustración 18. Descripción gráfica del diseño de la viga 26 por flexión.



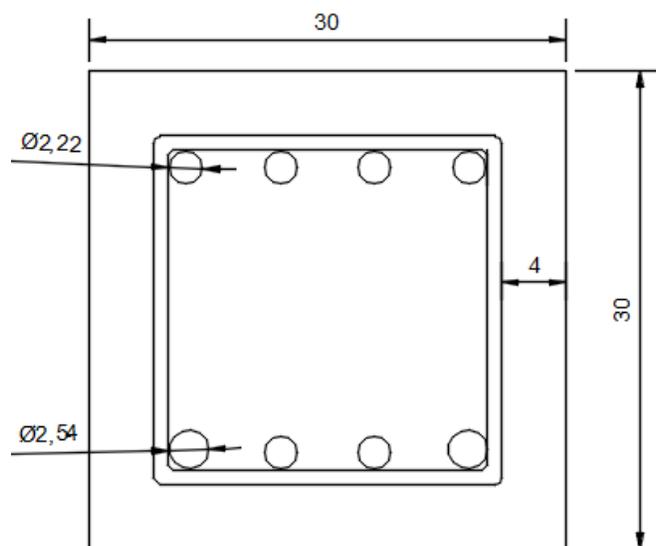
Fuente: Propia.

Tabla 52. Calculo para el diseño de la viga 25 por flexión.

FLEXIÓN			
b	0.3	$f_c$	28000
h	0.3	$f_y$	420000
F.S.	1.4		
Elemento	25		
	-	+	-
M(KN-m)	80.8	74.91	80.8
$M_u$ (KN-m)	113.12	104.87	113.12
K(KN/m <sup>2</sup> )	6546.30	6069.10	6546.2963
P	0.021354	0.019380	0.021354
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	15.37	17.44	15.37
BARRAS	4N°7		4N°7
		2N°8 y 2N°7	

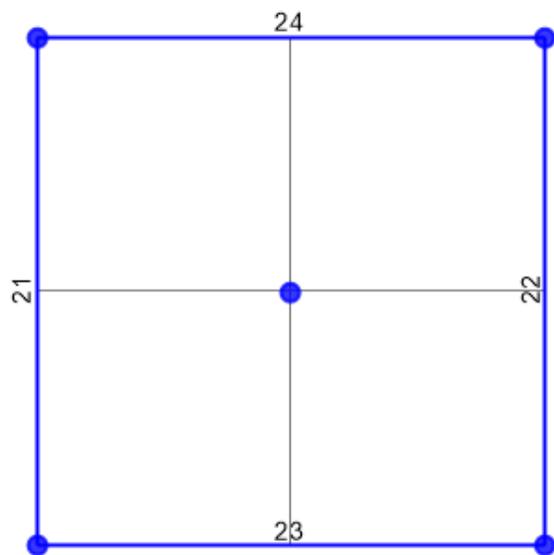
Fuente: Propia.

Ilustración 19. Descripción gráfica del diseño de la viga 25 por flexión.



Fuente: Propia.

Ilustración 20. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 5 metros.



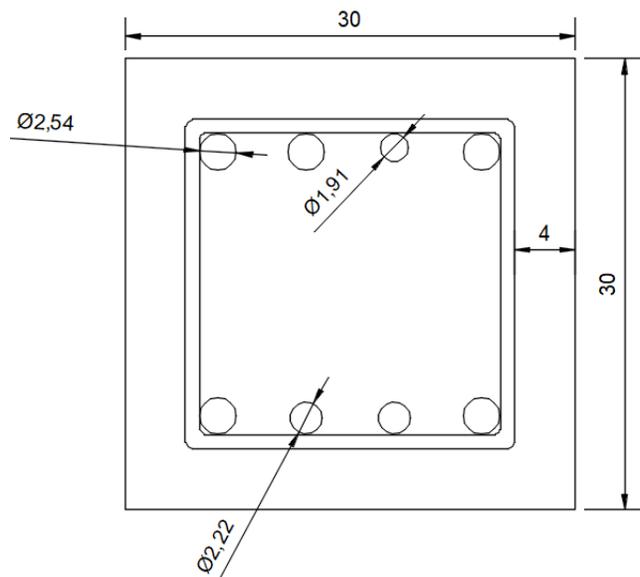
Fuente: Propia.

Tabla 53. Cálculo para el diseño de la viga 24 por flexión.

FLEXIÓN			
B	0.3	$f_c$	28000
H	0.3	$f_y$	420000
F.S.	1.4		
Elemento	24		
	-	+	-
M(KN-m)	91.3	88.15	91.3
$M_u$ (KN-m)	127.82	123.41	127.82
K(KN/m <sup>2</sup> )	7396.99	7141.78	7396.9907
P	0.025180	0.023985	0.025180
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	18.13	17.27	18.13
BARRAS	3N°8 y 1N°6	2N°8 y 2N°7	3N°8 y 1N°6

Fuente: Propia.

Ilustración 21. Descripción gráfica del diseño de la viga 24 por flexión.



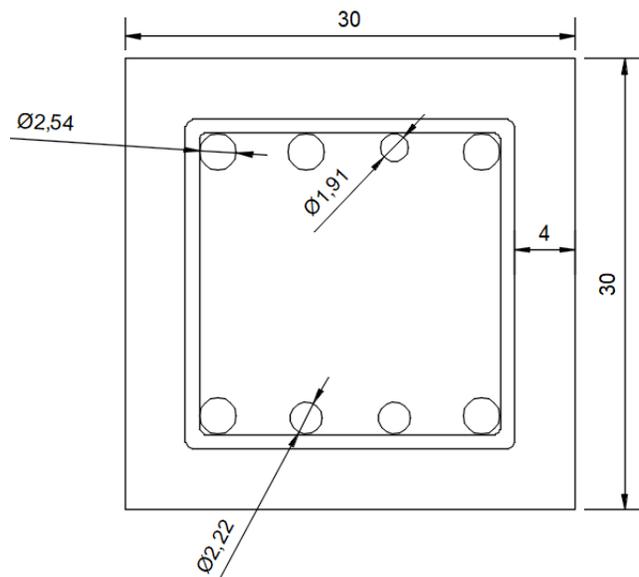
Fuente: Propia.

Tabla 54. Cálculo para el diseño de la viga 23 por flexión.

FLEXIÓN			
B	0.3	$f_c$	28000
H	0.3	$f_y$	420000
F.S.	1.4		
Elemento	23		
	-	+	-
M(KN-m)	91.3	88.15	91.3
$M_u$ (KN-m)	127.82	123.41	127.82
K(KN/m <sup>2</sup> )	7396.99	7141.78	7396.9907
P	0.025180	0.023985	0.025180
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	18.13	17.27	18.13
BARRAS	3N°8 y 1N°6	2N°8 y 2N°7	3N°8 y 1N°6

Fuente: Propia.

Ilustración 22. Descripción gráfica del diseño de la viga 23 por flexión.



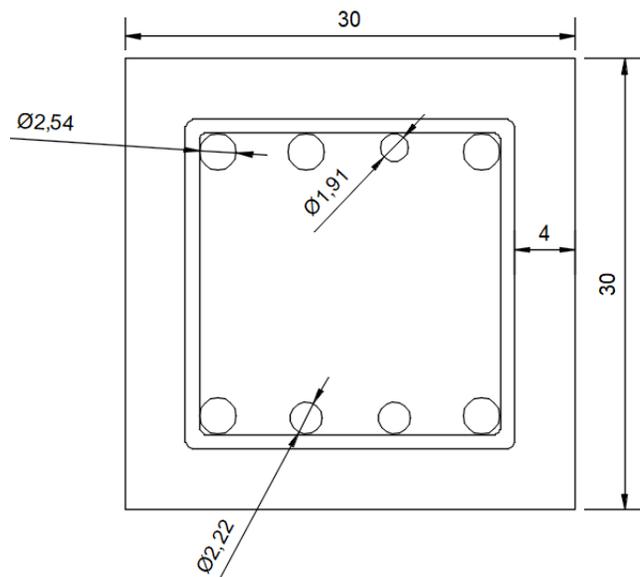
Fuente: Propia.

Tabla 55. Cálculo para el diseño de la viga 22 por flexión.

FLEXIÓN			
B	0.3	$f'_c$	28000
H	0.3	$f_y$	420000
F.S.	1.4		
Elemento	22		
	-	+	-
M(KN-m)	91.3	88.15	91.3
$M_u$ (KN-m)	127.82	123.41	127.82
K(KN/m <sup>2</sup> )	7396.99	7141.78	7396.9907
P	0.025180	0.023985	0.025180
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	18.13	17.27	18.13
BARRAS	3N°8 y 1N°6	2N°8 y 2N°7	3N°8 y 1N°6

Fuente: Propia.

Ilustración 23. Descripción gráfica del diseño de la viga 22 por flexión.



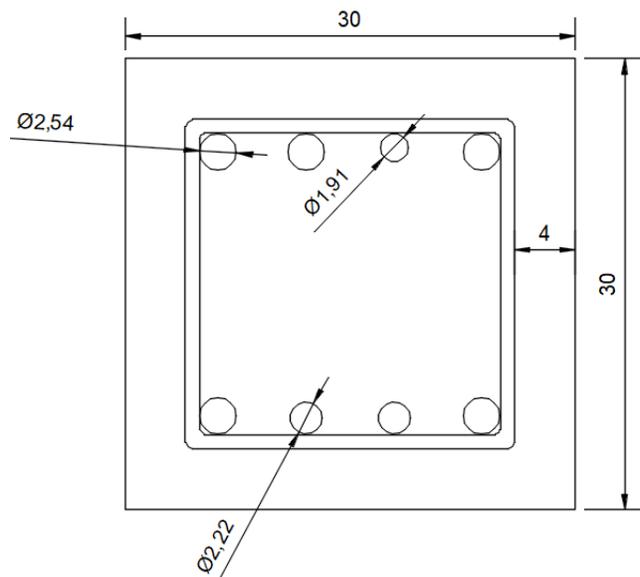
Fuente: Propia.

Tabla 56. Cálculo para el diseño de la viga 21 por flexión.

FLEXIÓN			
B	0.3	$f_c$	28000
H	0.3	$f_y$	420000
F.S.	1.4		
Elemento	21		
	-	+	-
M(KN-m)	91.3	88.15	91.3
$M_u$ (KN-m)	127.82	123.41	127.82
K(KN/m <sup>2</sup> )	7396.99	7141.78	7396.9907
P	0.025180	0.023985	0.025180
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	18.13	17.27	18.13
BARRAS	3N°8 y 1N°6	2N°8 y 2N°7	3N°8 y 1N°6

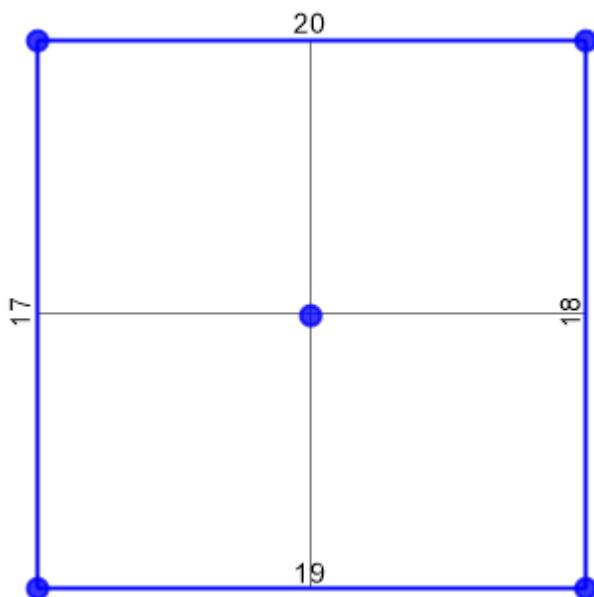
Fuente: Propia.

Ilustración 24. Descripción gráfica del diseño de la viga 21 por flexión.



Fuente: Propia.

Ilustración 25. Ubicación de las vigas de diseño en la altura 2.5 metros.



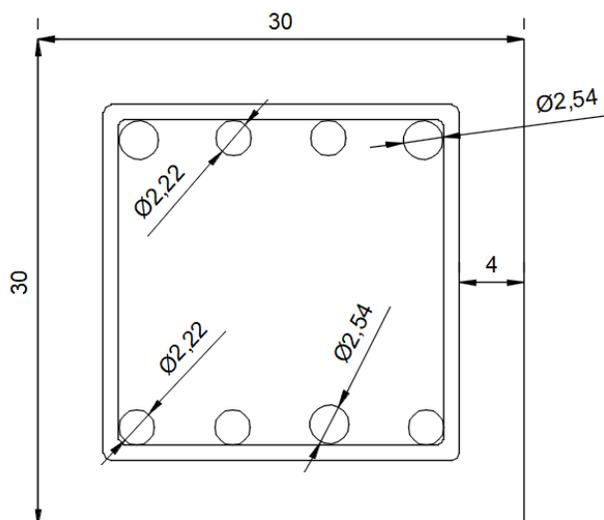
Fuente: Propia.

Tabla 57. Cálculo para el diseño de la viga 20 por flexión.

FLEXION			
B	0.3	f <sub>c</sub>	28000
H	0.3	f <sub>y</sub>	420000
F.S.	1.4		
Elemento	20		
	-	+	-
M(KN-m)	89.37	85.9	89.37
Mu(KN-m)	125.12	120.26	125.118
K(KN/m <sup>2</sup> )	7240.63	6959.49	7240.625
P	0.024442	0.023157	0.024442
As(cm <sup>2</sup> )	17.60	16.67	17.60
BARRAS	2N°8 y 2N°7	1N°8 y 3N°7	2N°8 y 2N°7

Fuente: Propia.

Ilustración 26. Descripción gráfica del diseño de la viga 20 por flexión.



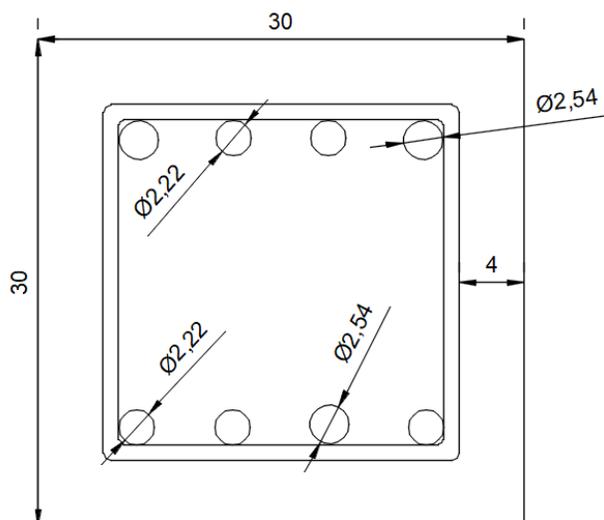
Fuente: Propia.

Tabla 58. Calculo para el diseño de la viga 19 por flexión.

FLEXIÓN				
B	0.3	$f_c$	28000	
H	0.3	$f_y$	420000	
F.S.	1.4			
Elemento	19			
	-	+	-	
M(KN-m)	89.37	85.9	89.37	
$M_u$ (KN-m)	125.12	120.26	125.118	
K(KN/m <sup>2</sup> )	7240.63	6959.49	7240.625	
P	0.024442	0.023157	0.024442	
As(cm <sup>2</sup> )	17.60	16.67	17.60	
BARRAS	2N°8 y 2N°7	1N°8 y 3N°7	2N°8 y 2N°7	

Fuente: Propia.

Ilustración 27. Descripción gráfica del diseño de la viga 19 por flexión.



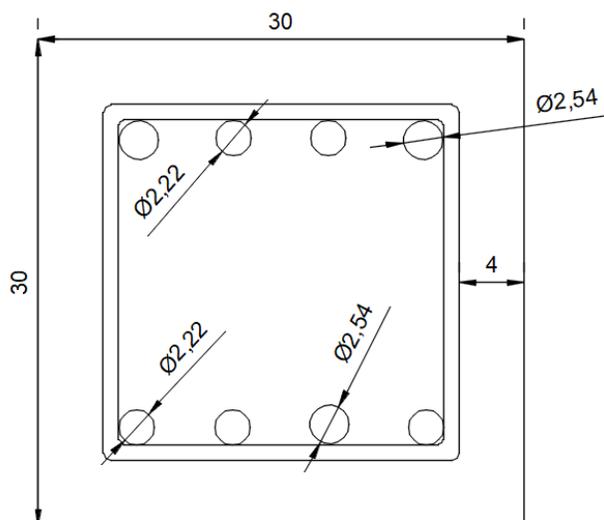
Fuente: Propia.

Tabla 59. Calculo para el diseño de la viga 18 por flexión.

FLEXIÓN				
B	0.3	$f_c$	28000	
H	0.3	$f_y$	420000	
F.S.	1.4			
Elemento	18			
	-	+	-	
M(KN-m)	89.37	85.9	89.37	
$M_u$ (KN-m)	125.12	120.26	125.118	
K(KN/m <sup>2</sup> )	7240.63	6959.49	7240.625	
P	0.024442	0.023157	0.024442	
As(cm <sup>2</sup> )	17.60	16.67	17.60	
BARRAS	2N°8 y 2N°7	1N°8 y 3N°7	2N°8 y 2N°7	

Fuente: Propia.

Ilustración 28. Descripción gráfica del diseño de la viga 18 por flexión.



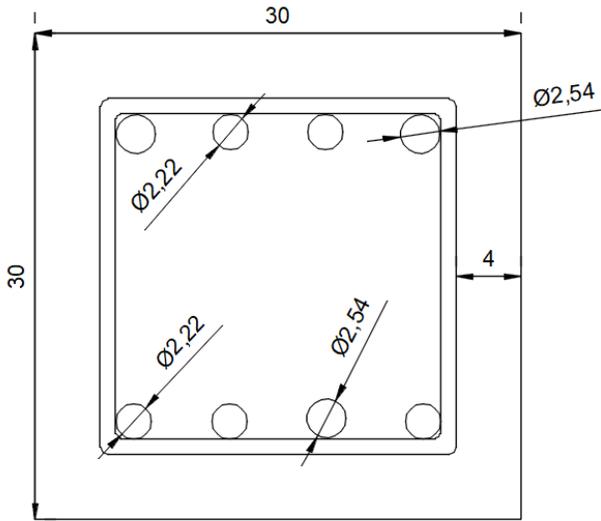
Fuente: Propia.

Tabla 60. Calculo para diseño de la viga 17 por flexión.

FLEXIÓN				
B	0.3	$f_c$	28000	
H	0.3	$f_y$	420000	
F.S.	1.4			
Elemento	17			
	-	+	-	-
M(KN-m)	89.37	85.9	89.37	
$M_u$ (KN-m)	125.12	120.26	125.118	
K(KN/m <sup>2</sup> )	7240.63	6959.49	7240.625	
P	0.024442	0.023157	0.024442	
As(cm <sup>2</sup> )	17.60	16.67	17.60	
BARRAS	2N°8 y 2N°7	1N°8 y 3N°7	2N°8 y 2N°7	

Fuente: Propia.

Ilustración 29. Descripción gráfica del diseño de la viga 17 por flexión.



Fuente: Propia.

#### 4.2.2. Cálculos para el diseño a Cortante de las vigas.

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c.$$

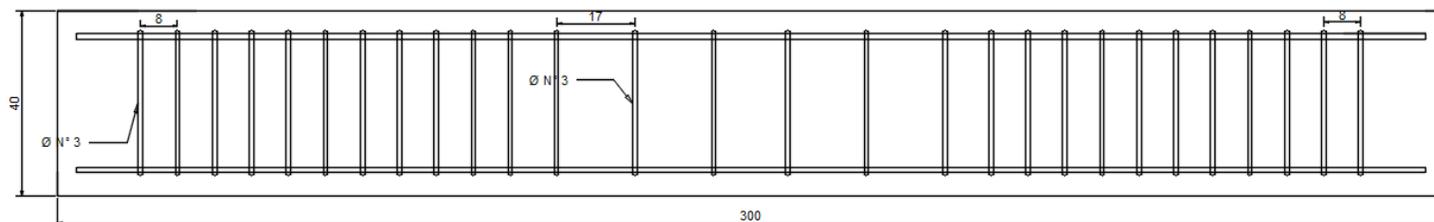
$$\phi V_c = \phi * 0,17\sqrt{f'c}.$$

Tabla 61. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 32 por Cortante.

		Cortante				
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	32			
Av	0.00014	m2				
fy=	240	Mpa				
x(m)	0.00	0.52	0.86	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.86	60.00	49.01	45.00	32.34	18.00
Vu(KN)		83.40	68.61	63.00	45.28	25.20
vu(KN)		823.53	672.69	617.65	443.88	247.06
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		148.86	-1.98	-57.02	-230.78	-427.61
S(m)		0.574401	-43.179	-1.49961		
s(m)código		0.085	0.085	0.17	0.17	0.17
s(cm)adoptado		8	8	10	17	17

Fuente: Propia.

Ilustración 30. Descripción grafica del diseño del elemento 32 por cortante.



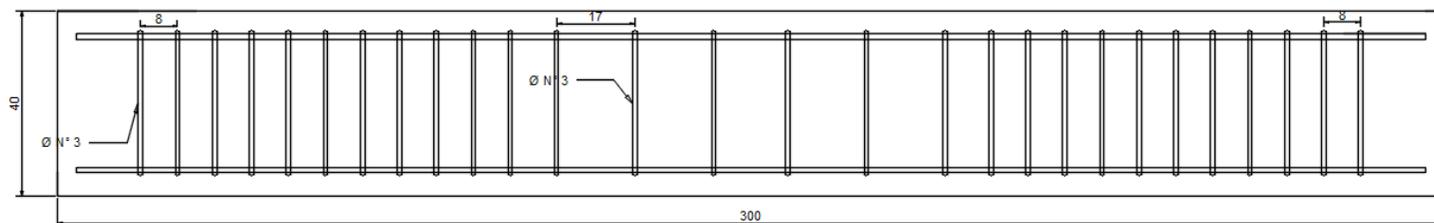
Fuente: Propia.

Tabla 62. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 31 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m <sup>2</sup>				
Φ	0.75	Elemento	31			
Av	0.00014	m <sup>2</sup>				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.52	0.86	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.86	60.00	49.01	45.00	32.34	18.00
Vu(KN)		83.40	68.61	63.00	45.28	25.20
vu(KN)		823.53	672.69	617.65	443.88	247.06
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		148.86	-1.98	-57.02	-230.78	-427.61
S(m)		0.574401	-43.179	-1.49961		
s(m)código		0.085	0.085	0.17	0.17	0.17
s(cm)adoptado		8	8	10	17	17

Fuente: Propia.

Ilustración 31. Descripción gráfica del diseño del elemento 31 por cortante.



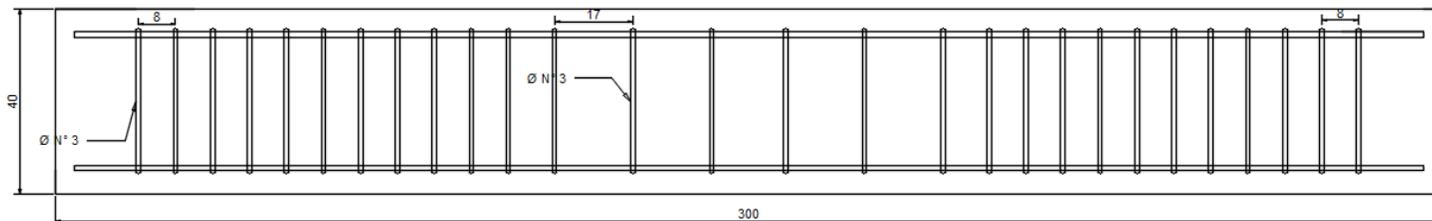
Fuente: Propia.

Tabla 63. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 30 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m <sup>2</sup>				
Φ	0.75	Elemento	30			
Av	0.00014	m <sup>2</sup>				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.52	0.86	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.86	60.00	49.01	45.00	32.34	18.00
Vu(KN)		83.40	68.61	63.00	45.28	25.20
vu(KN)		823.53	672.69	617.65	443.88	247.06
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		148.86	-1.98	-57.02	-230.78	-427.61
S(m)		0.574401	-43.179	-1.49961		
s(m)código		0.085	0.085	0.17	0.17	0.17
s(cm)adoptado		8	8	10	17	17

Fuente: Propia.

Ilustración 32. Descripción gráfica del diseño del elemento 30 por cortante.



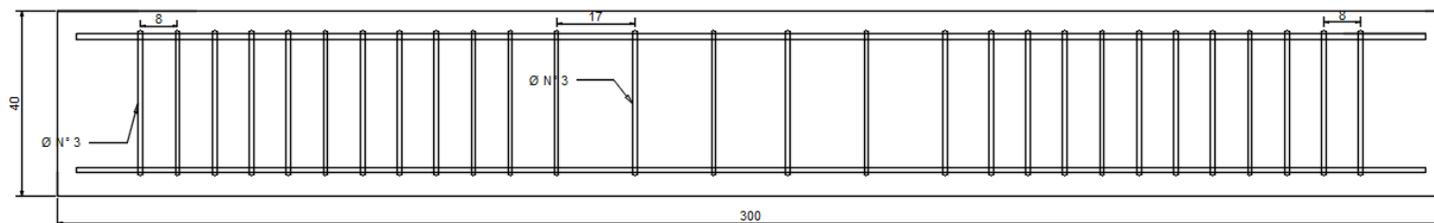
Fuente: Propia.

Tabla 64 Resultados del cálculo para el diseño de la viga 29 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m <sup>2</sup>				
Φ	0.75	Elemento	29			
Av	0.00014	m <sup>2</sup>				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.52	0.86	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.86	60.00	49.01	45.00	32.34	18.00
Vu(KN)		83.40	68.61	63.00	45.28	25.20
vu(KN)		823.53	672.69	617.65	443.88	247.06
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		148.86	-1.98	-57.02	-230.78	-427.61
S(m)		0.574401	-43.179	-1.49961		
s(m)código		0.085	0.085	0.17	0.17	0.17
s(cm)adoptado		8	8	10	17	17

Fuente: Propia.

Ilustración 33. Descripción gráfica del diseño del elemento 29 por cortante.



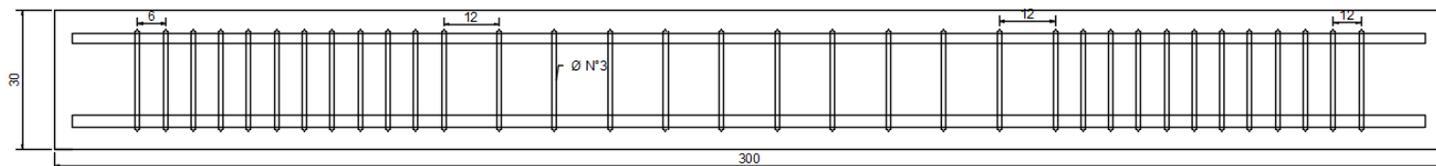
Fuente: Propia.

Tabla 65. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 28 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Area barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	28			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	56.57	55.16	54.36	53.23	52.40	51.50
Vu(KN)		77.22	76.10	74.52	73.36	72.10
vu(KN)		1072.56	1057.00	1035.03	1018.89	1001.39
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		397.89	382.33	360.36	344.22	326.72
S(m)		0.215	0.224	0.24	0.25	0.26
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 34. Descripción grafica del diseño del elemento 28 por cortante.



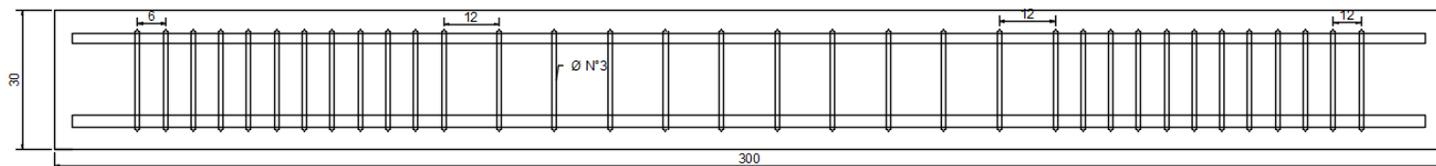
Fuente: Propia.

Tabla 66. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 27 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	27			
$A_v$	0.00014	m2				
$f_y$	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	56.57	55.16	54.36	53.23	52.40	51.50
$V_u$ (KN)		77.22	76.10	74.52	73.36	72.10
$v_u$ (KN)		1072.56	1057.00	1035.03	1018.89	1001.39
$v_c$ (KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
$v_s$ (KN)		397.89	382.33	360.36	344.22	326.72
S(m)		0.215	0.224	0.24	0.25	0.26
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 35. Descripción grafica del diseño del elemento 27 por cortante.



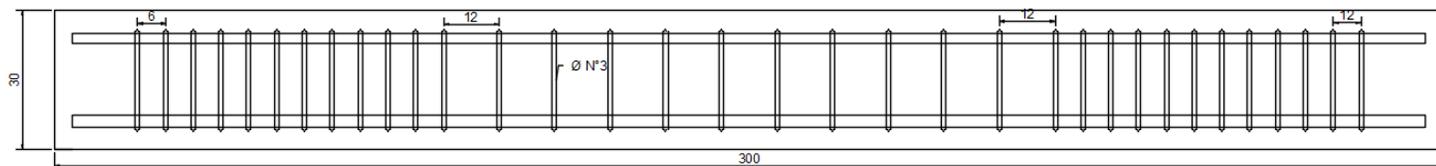
Fuente: Propia.

Tabla 67. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 26 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	26			
$A_v$	0.00014	m2				
$f_y$	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	56.57	55.16	54.36	53.23	52.40	51.50
$V_u$ (KN)		77.22	76.10	74.52	73.36	72.10
$v_u$ (KN)		1072.56	1057.00	1035.03	1018.89	1001.39
$v_c$ (KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
$v_s$ (KN)		397.89	382.33	360.36	344.22	326.72
S(m)		0.215	0.224	0.24	0.25	0.26
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 36. Descripción gráfica del diseño del elemento 26 por cortante.



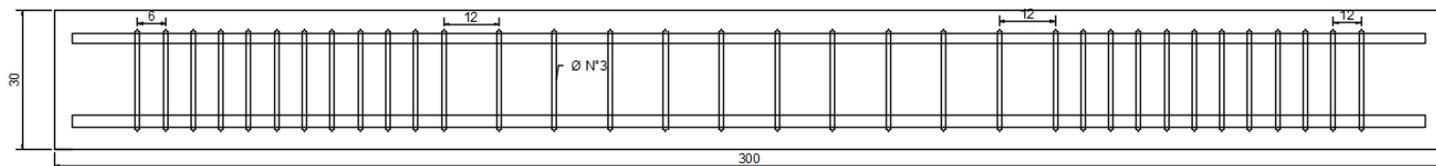
Fuente: Propia.

Tabla 68. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 25 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m <sup>2</sup>				
Φ	0.75	Elemento	25			
Av	0.00014	m <sup>2</sup>				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	56.57	55.16	54.36	53.23	52.40	51.50
Vu(KN)		77.22	76.10	74.52	73.36	72.10
vu(KN)		1072.56	1057.00	1035.03	1018.89	1001.39
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		397.89	382.33	360.36	344.22	326.72
S(m)		0.215	0.224	0.24	0.25	0.26
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 37. Descripción gráfica del diseño del elemento 25 por cortante.



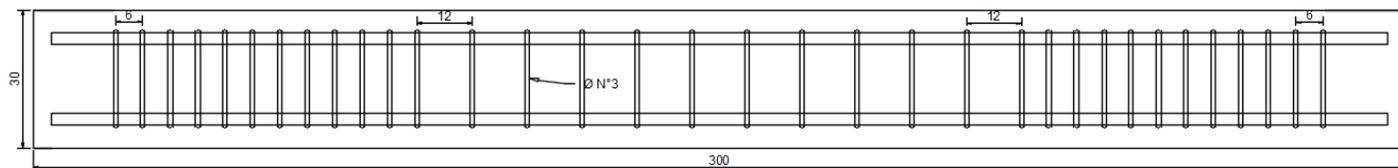
Fuente: Propia.

Tabla 69. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 24 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	24			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.70	64.56	62.49	61.35	60.51	59.68
Vu(KN)		90.38	87.49	85.89	84.71	83.55
vu(KN)		1255.33	1215.08	1192.92	1176.58	1160.44
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		580.67	540.42	518.25	501.92	485.78
S(m)		0.147	0.158	0.16	0.17	0.18
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 38. Descripción gráfica del diseño del elemento 24 por cortante.



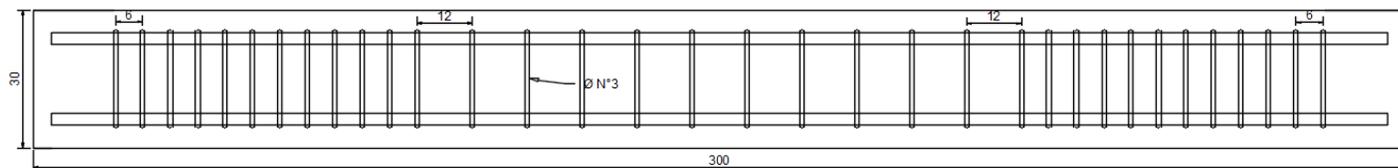
Fuente: Propia.

Tabla 70. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 23 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	23			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.70	64.56	62.49	61.35	60.51	59.68
Vu(KN)		90.38	87.49	85.89	84.71	83.55
vu(KN)		1255.33	1215.08	1192.92	1176.58	1160.44
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		580.67	540.42	518.25	501.92	485.78
S(m)		0.147	0.158	0.16	0.17	0.18
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 39. Descripción grafica del diseño del elemento 23 por cortante.



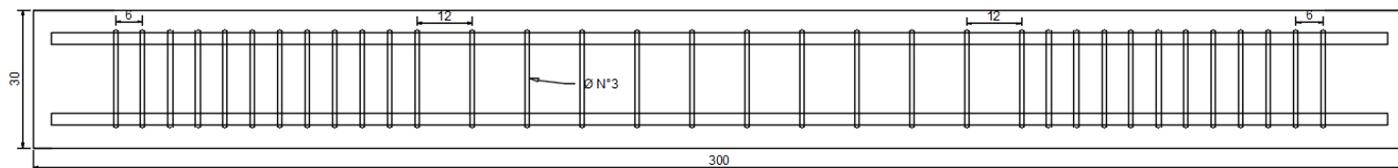
Fuente: Propia.

Tabla 71. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 22 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	22			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.70	64.56	62.49	61.35	60.51	59.68
Vu(KN)		90.38	87.49	85.89	84.71	83.55
vu(KN)		1255.33	1215.08	1192.92	1176.58	1160.44
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		580.67	540.42	518.25	501.92	485.78
S(m)		0.147	0.158	0.16	0.17	0.18
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 40. Descripción grafica del diseño del elemento 22 por cortante.



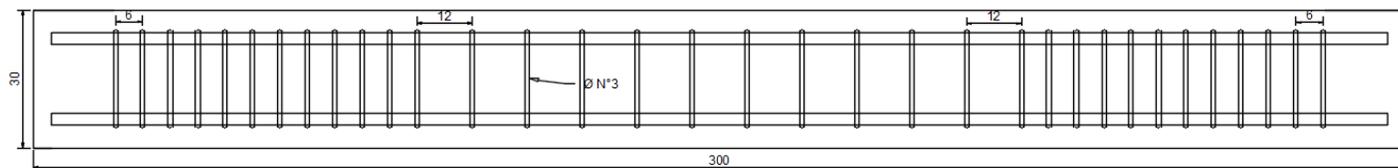
Fuente: Propia.

Tabla 72. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 21 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Área barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	21			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	64.70	64.56	62.49	61.35	60.51	59.68
Vu(KN)		90.38	87.49	85.89	84.71	83.55
vu(KN)		1255.33	1215.08	1192.92	1176.58	1160.44
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		580.67	540.42	518.25	501.92	485.78
S(m)		0.147	0.158	0.16	0.17	0.18
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 41. Descripción gráfica del diseño del elemento 24 por cortante.



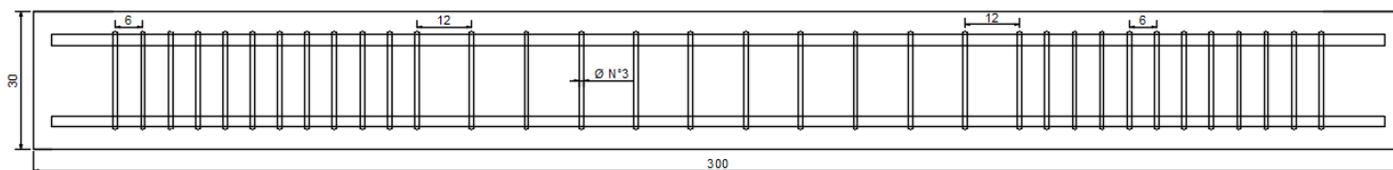
Fuente: Propia.

Tabla 73. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 20 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Area barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	20			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	63.30	61.90	61.10	60.00	59.10	58.30
Vu(KN)		86.66	85.54	84.00	82.74	81.62
vu(KN)		1203.61	1188.06	1166.67	1149.17	1133.61
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		528.94	513.39	492.00	474.50	458.94
S(m)		0.162	0.167	0.17	0.18	0.19
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 42. Descripción grafica del diseño del elemento 20 por cortante.



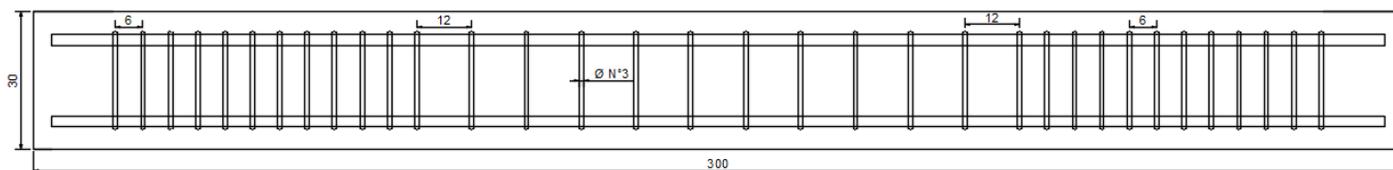
Fuente: Propia.

Tabla 74. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 19 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Area barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	19			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	63.30	61.90	61.10	60.00	59.10	58.30
Vu(KN)		86.66	85.54	84.00	82.74	81.62
vu(KN)		1203.61	1188.06	1166.67	1149.17	1133.61
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		528.94	513.39	492.00	474.50	458.94
S(m)		0.162	0.167	0.17	0.18	0.19
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia

Ilustración 43. Descripción grafica del diseño del elemento 19 por cortante.



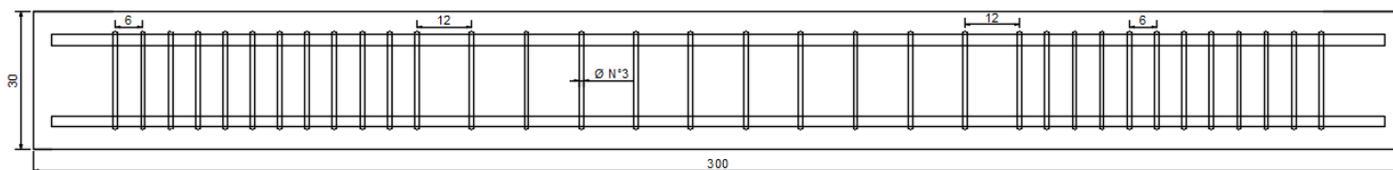
Fuente: Propia.

Tabla 75. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 18 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Area barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	18			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	63.30	61.90	61.10	60.00	59.10	58.30
Vu(KN)		86.66	85.54	84.00	82.74	81.62
vu(KN)		1203.61	1188.06	1166.67	1149.17	1133.61
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		528.94	513.39	492.00	474.50	458.94
S(m)		0.162	0.167	0.17	0.18	0.19
s(m)codigo		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(cm)adoptado		6.00	6.00	12.00	12.00	12.00

Fuente: Propia.

Ilustración 44. Descripción gráfica del diseño del elemento 18 por cortante.



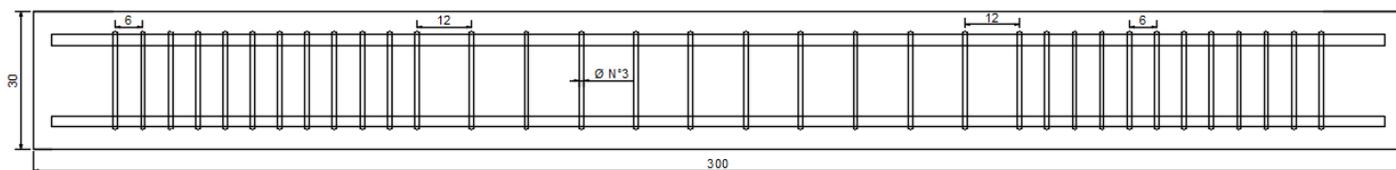
Fuente: Propia.

Tabla 76. Resultados del cálculo para el diseño de la viga 17 por Cortante.

Cortante						
N° Barra	3					
Diámetro	0.375	inch				
Area barra	7.1E-05	m2				
$\Phi$	0.75	Elemento	17			
Av	0.00014	m2				
fy=	420	Mpa				
x(m)	0.00	0.42	0.66	1.00	1.25	1.50
V(KN)	63.30	61.90	61.10	60.00	59.10	58.30
Vu(KN)		86.66	85.54	84.00	82.74	81.62
vu(KN)		1203.61	1188.06	1166.67	1149.17	1133.61
vc(KN)		674.67	674.67	674.67	674.67	674.67
vs(KN)		528.94	513.39	492.00	474.50	458.94
S(m)		0.162	0.167	0.17	0.18	0.19
s(m)código		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12
s(m)adoptado		0.06	0.06	0.12	0.12	0.12

Fuente: Propia.

Ilustración 45. Descripción gráfica del diseño del elemento 17 por cortante.



Fuente: Propia.

### 4.2.3. Cálculo para el diseño de las columnas por carga axial y momento.

Una vez se obtienen los resultados de las cargas a compresión de las columnas se procede a calcular la carga de diseño balanceada  $\phi P_{nb}$  que está dada por la siguiente ecuación:

$$\phi P_{nb} = \phi * 0.7225 * \frac{600}{600+420} * f'_c b d, \text{ se compara con el resultado de } \phi P_n = U * P, \text{ como}$$

$\phi P_{nb} < \phi P_n$ , se usa la siguiente expresión para el diseño de la columna:

$$\phi P_n = \phi \left[ 0.85 f'_c b d \left\{ 1 - \frac{e'}{a} - \frac{\rho}{2} + \sqrt{\left( 1 - \frac{e'}{a} \right)^2 + \rho \left[ m' \left( 1 - \frac{d'}{a} \right) + \frac{e'}{a} \right]} \right\} \right].$$

Donde:

$$* e = \frac{M}{P}$$

M= Momento actuante

P= Carga actuante

$$* e' = e + \frac{d-d'}{2}$$

$e'$ = Excentricidad de la carga medida desde el centroide del refuerzo en tracción

$e$ = Excentricidad de la columna

$d$ = Distancia de la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a tracción

$d'$ = Distancia de la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a compresión

$$* m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

$m$ = coeficiente

$$* m' = m - 1$$

$m'$  = coeficiente

U = Coeficiente de carga

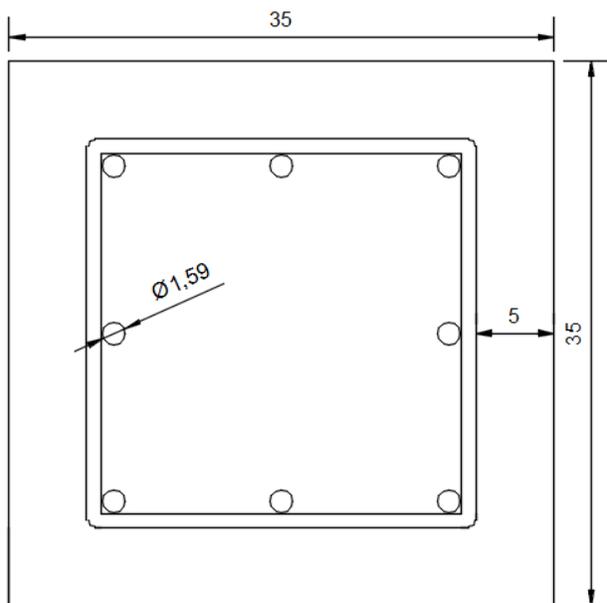
Tabla 77. Cálculo para la verificación del diseño de la columna.

Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
b(m)	0.35	f'c(MPa)	28	e(m)	0.17
h(m)	0.35	fy(MPa)	420	e'(m)	0.29
d(m)	0.29	P(Kn)	390.96	m	17.65
d'(m)	0.06	M(Kn-m)	56.44	$\rho$	0.0129
N° barra	5	Ac(m <sup>2</sup> )	0.12	U	1.69
D(m)	0.016	As(m <sup>2</sup> )	0.0016	m'	16.65
Cantidad	8	$\phi$	0.65	$\phi P_n$	676.10
Elementos				$\phi P_{n1}$	660.70

Fuente: Propia.

Las barras de acero estarán distribuidas de a tres por cada cara.

Ilustración 46. Descripción gráfica del diseño de las columnas por carga axial y momento.



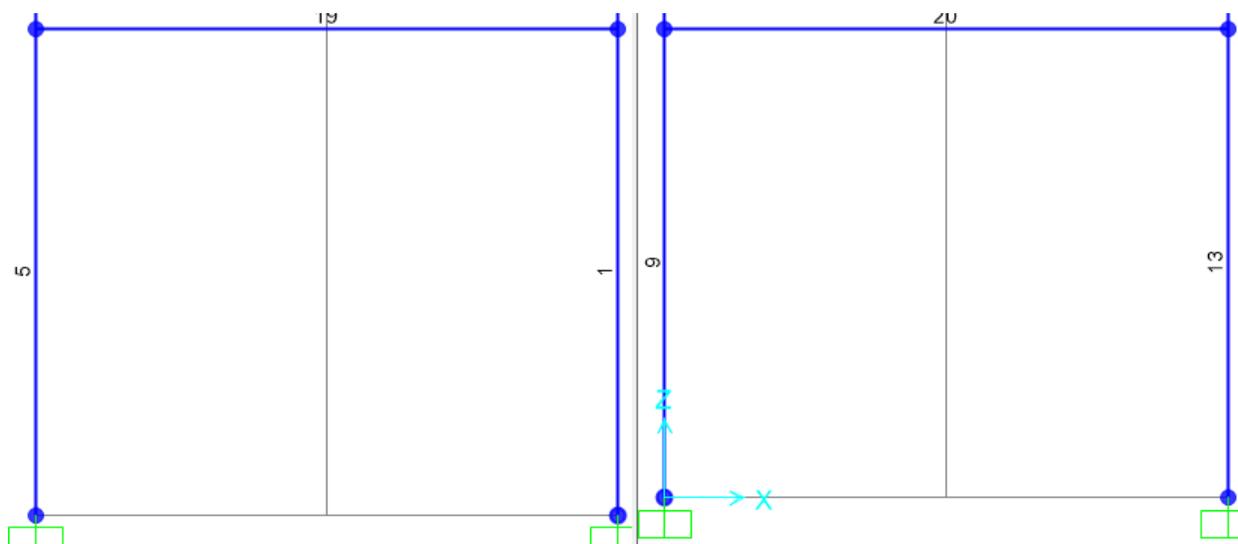
Fuente: Propia.

#### 4.2.4. Cálculo para el diseño de las columnas por cortante.

El diseño por cortante debe cumplir con los siguientes parámetros de diseño:

$$V_u < 2\phi bd\sqrt{f'_c} \text{ y } P_u > A_g f'_c / 10.$$

Ilustración 47. Demostración grafica de las columnas 1, 5, 9 y 13.



Fuente: Propia.

Tabla 78. Datos de verificación del diseño de los elementos 1, 5, 9 y 13.

Determinación del refuerzo transversal			
Pu (Tn)=	39.87	f'c (Kg/cm2)=	280
Vu (Tn)=	4.44	As (cm2)=	23.88
Elementos	1, 5, 9 y 13	Ag (cm2)=	1225
r libre (cm)=	4	Estribos N°	3
L (m)=	2.5	Ø =	0.95
Fy (Kg/cm2)=	4200	A est =	0.71
Vu <	29.20	Pu >	34.30

Fuente: Propia.

Para la revisión del cortante se debe cumplir con los siguientes parámetros:

$$P_u < \phi (0.7f'_c A_g + 2000A_s).$$

$$S = \frac{\phi A_v f_y d (\text{Sen}\theta + \text{cos}\theta)}{V_{SR}}.$$

Tabla 79. Cálculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 1, 5, 9 y 13.

Revisión del cortante			
$\phi =$	0.70	$\rho =$	0.006
$P_u =$	167.89	VCR =	4.05
VCR =	4.97	Factor =	1.23
VSR =	0.60	s =	91.85

Fuente: Propia.

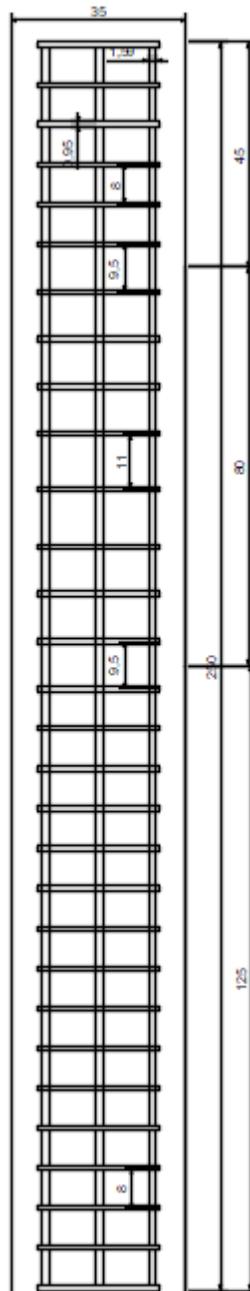
La norma establece los siguientes parámetros del espaciamiento de los estribos y de las zonas de confinamiento de la siguiente manera:

Tabla 80. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma.

Zona de confinamiento			Separación de Estribos		
Superior	b máx	0.35 m	Ss	bmin/4	8.75 cm
	H/6	0.42 m		6db	9.54 cm
	450 mm	0.45 m		100 mm	10.00 cm
Central	Zona Central	0.80 m	Sc	850 db/ $\sqrt{f_y}$	20.85 cm
				6db	9.54 cm
Inferior	L/2	1.25 m	Si	150 mm	15.00 cm
				bmin/4	8.75 cm

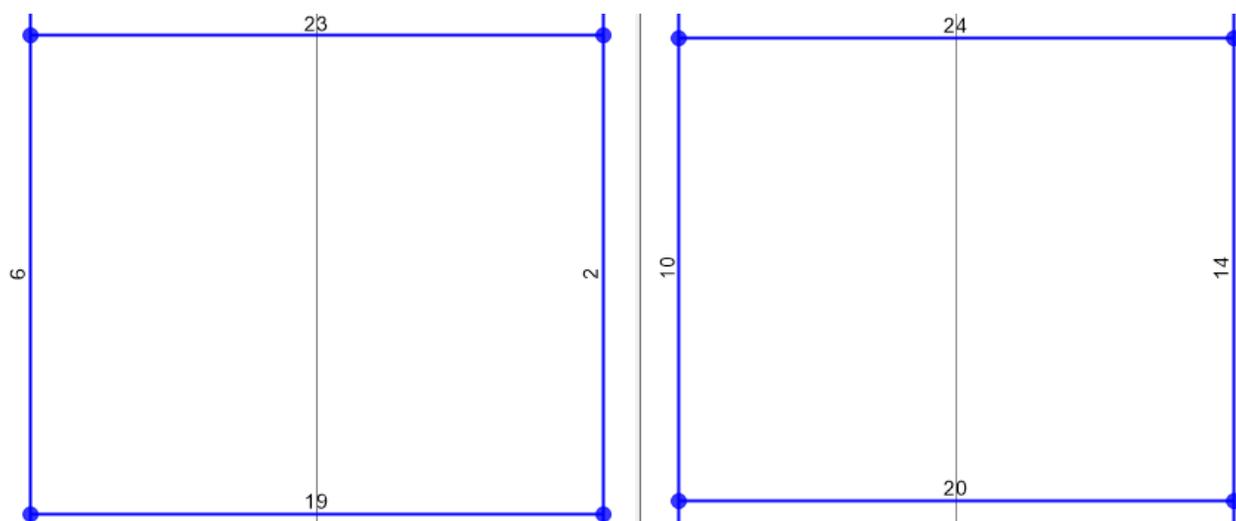
Fuente: Norma NSR-10, título C (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), modificada por los autores.

Ilustración 48. Descripción gráfica del diseño por cortante de las columnas 1, 5, 9 y 13.



Fuente: Propia.

Ilustración 49. Demostración gráfica de las columnas 2, 6, 10 y 14.



Fuente: Propia.

Tabla 81. Datos de verificación del diseño de los elementos 2, 6, 10 y 14.

Determinación del refuerzo transversal			
Pu (Tn)=	32.67	f'c (Kg/cm2)=	280
Vu (Tn)=	4.15	As (cm2)=	23.88
Elementos	2, 6, 10 y 14	Ag (cm2)=	1225
r libre (cm)=	4	Estribos N°	3
L (m)=	2.5	∅ =	0.95
Fy (Kg/cm2)=	4200	A est =	0.71
Vu <	29.20	Pu >	-

Fuente: Propia.

Tabla 82. Calculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 2, 6, 10 y 14.

Revisión del cortante			
∅ =	0.70	ρ =	0.006
Pu =	167.89	VCR =	4.05
VCR =	4.80	Factor =	1.23
VSR =	0.65	s (cm)=	256

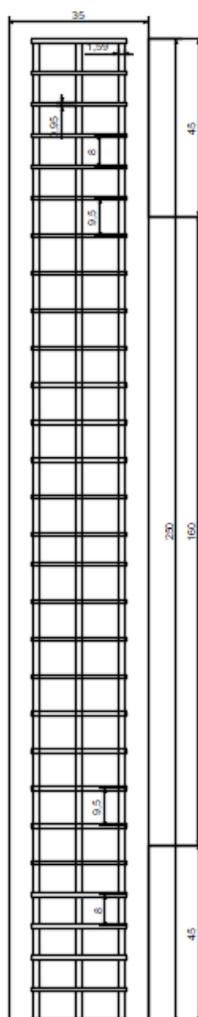
Fuente: Propia.

Tabla 83. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma.

Zona de confinamiento			Separación de Estribos		
Superior	b máx	0.35 m	Ss	bmin/4	8.75 cm
	H/6	0.42 m		6db	9.54 cm
	450 mm	0.45 m		100 mm	10.00 cm
Central	Zona Central	0.80 m	Sc	850 db/ $\sqrt{f_y}$	20.85 cm
				6db	9.54 cm
Inferior	450 mm	0.45 m	Si	150 mm	15.00 cm
				bmin/4	8.75 cm

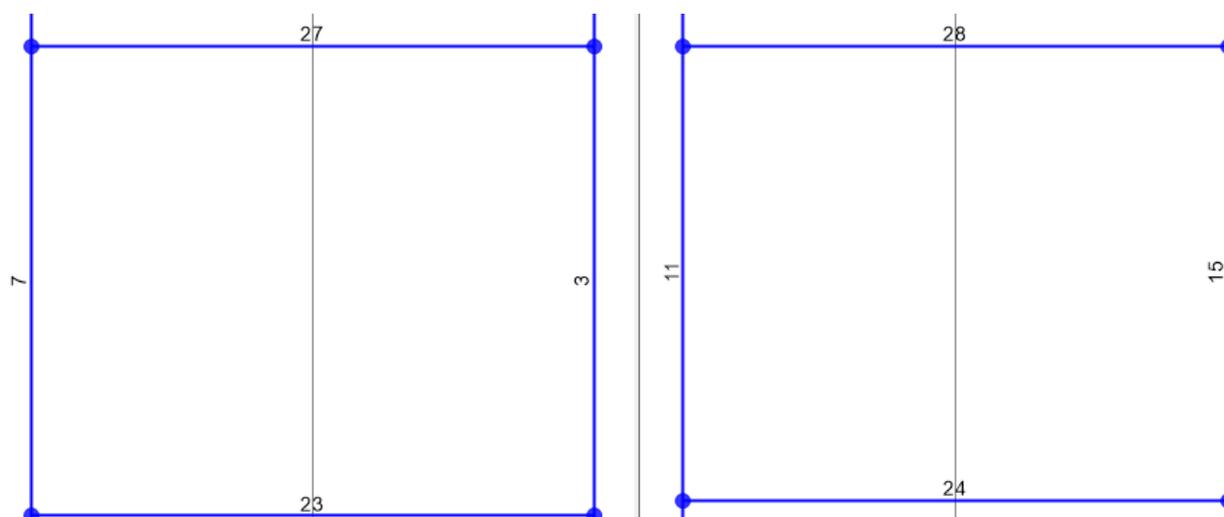
Fuente: Norma NSR-10, título C (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), modificada por los autores.

Ilustración 50. Descripción gráfica del diseño por cortante de las columnas 2, 6, 10 y 14.



Fuente: Propia.

Ilustración 51. Demostración gráfica de las columnas 3, 7, 11 y 15.



Fuente: Propia.

Tabla 84. Datos de verificación del diseño de los elementos 3, 7, 11 y 15.

Determinación del refuerzo transversal			
Pu (Tn)=	25.16	f'c (Kg/cm2)=	280
Vu (Tn)=	3.70	As (cm2)=	23.88
Elementos	3, 7, 11 y 15	Ag (cm2)=	1225
r libre (cm)=	4	Estribos N°	3
L (m)=	2.5	∅ =	0.95
Fy (Kg/cm2)=	4200	A est =	0.71
Vu <	29.20	Pu >	-

Fuente: Propia.

Tabla 85. Cálculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 3, 7, 11 y 15.

Revisión del cortante			
φ =	0.70	ρ =	0.006
Pu =	167.89	VCR =	4.05
VCR =	4.80	Factor =	1.23
VSR =	-0.93	s (cm)=	172

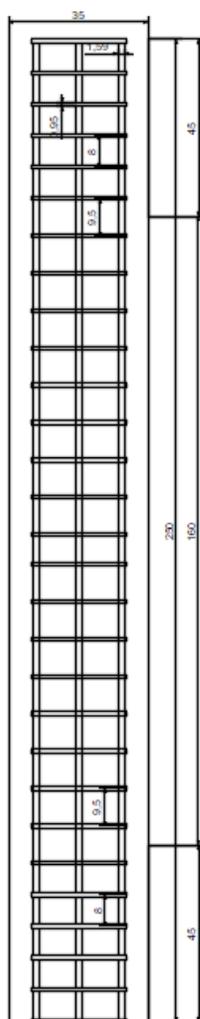
Fuente: Propia.

Tabla 86. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma.

Zona de confinamiento			Separación de Estribos		
Superior	b máx	0.35 m	Ss	bmin/4	8.75 cm
	H/6	0.42 m		6db	9.54 cm
	450 mm	0.45 m		100 mm	10.00 cm
Central	Zona Central	0.80 m	Sc	850 db/ $\sqrt{f_y}$	20.85 cm
				6db	9.54 cm
Inferior	450 mm	0.45 m	Si	150 mm	15.00 cm
				bmin/4	8.75 cm

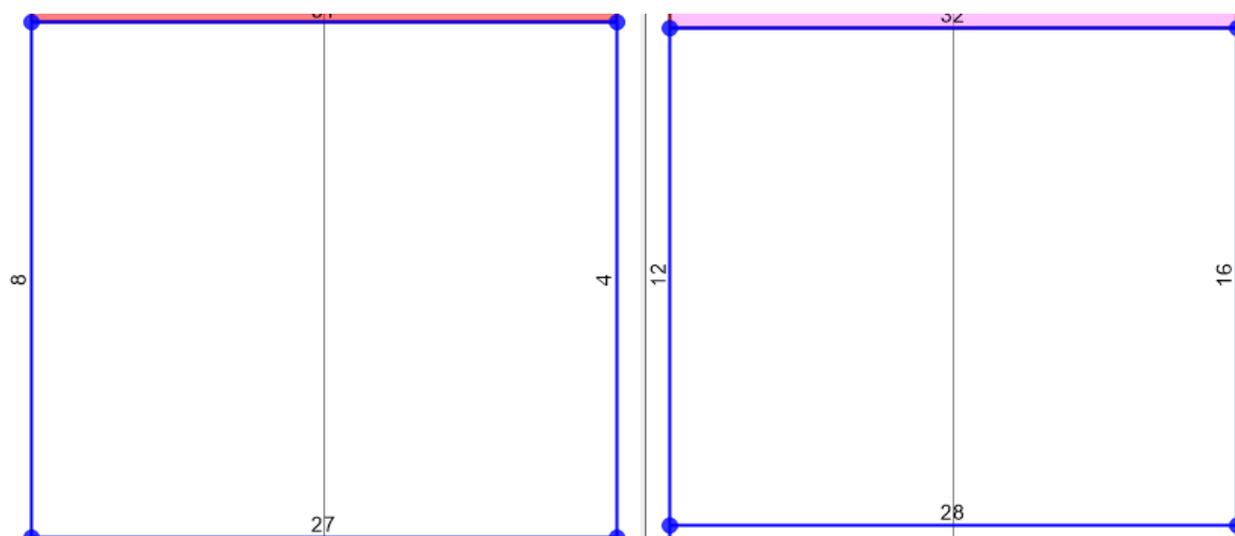
Fuente: Norma NSR-10, título C (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), modificada por los autores.

Ilustración 52. Descripción gráfica del diseño por cortante de las columnas 3, 7, 11 y 15.



Fuente: Propia.

Ilustración 53. Demostración gráfica de las columnas 4, 8, 12 y 16.



Fuente: Propia.

Tabla 87. Datos de verificación del diseño de los elementos 4, 8, 12 y 16.

Determinación del refuerzo transversal			
Pu (Tn)=	18.27	f'c (Kg/cm2)=	280
Vu (Tn)=	3.80	As (cm2)=	23.88
Elementos	4, 8, 12 y 16	Ag (cm2)=	1225
r libre (cm)=	4	Estribos N°	3
L (m)=	2.6	∅ =	0.95
Fy (Kg/cm2)=	4200	A est =	0.71
Vu <	29.20	Pu >	-

Fuente: Propia.

Tabla 88. Calculo para la revisión por cortante y para el espaciamiento en la zona confinada de las columnas 4, 8, 12 y 16.

Revisión del cortante			
φ =	0.70	ρ =	0.006
Pu =	167.89	VCR =	4.05
VCR =	4.47	Factor =	1.10
VSR =	-0.67	s (cm)=	239

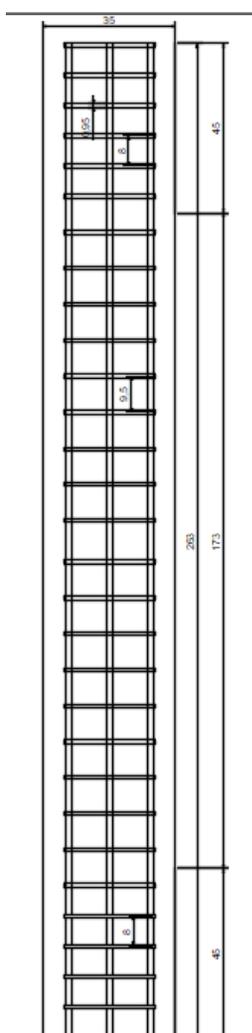
Fuente: Propia.

Tabla 89. Determinación del espaciamiento y la zona de confinamiento por la norma.

Zona de confinamiento			Separación de Estribos		
Superior	b máx	0.35 m	Ss	bmin/4	8.75 cm
	H/6	0.44 m		6db	9.54 cm
	450 mm	0.45 m		100 mm	10.00 cm
Central	Zona Central	1.73 m	Sc	850 db/ $\sqrt{f_y}$	20.85 cm
				6db	9.54 cm
Inferior	450 mm	0.45 m	Si	150 mm	15.00 cm
				bmin/4	8.75 cm

Fuente: Norma NSR-10, título C (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), modificada por los autores.

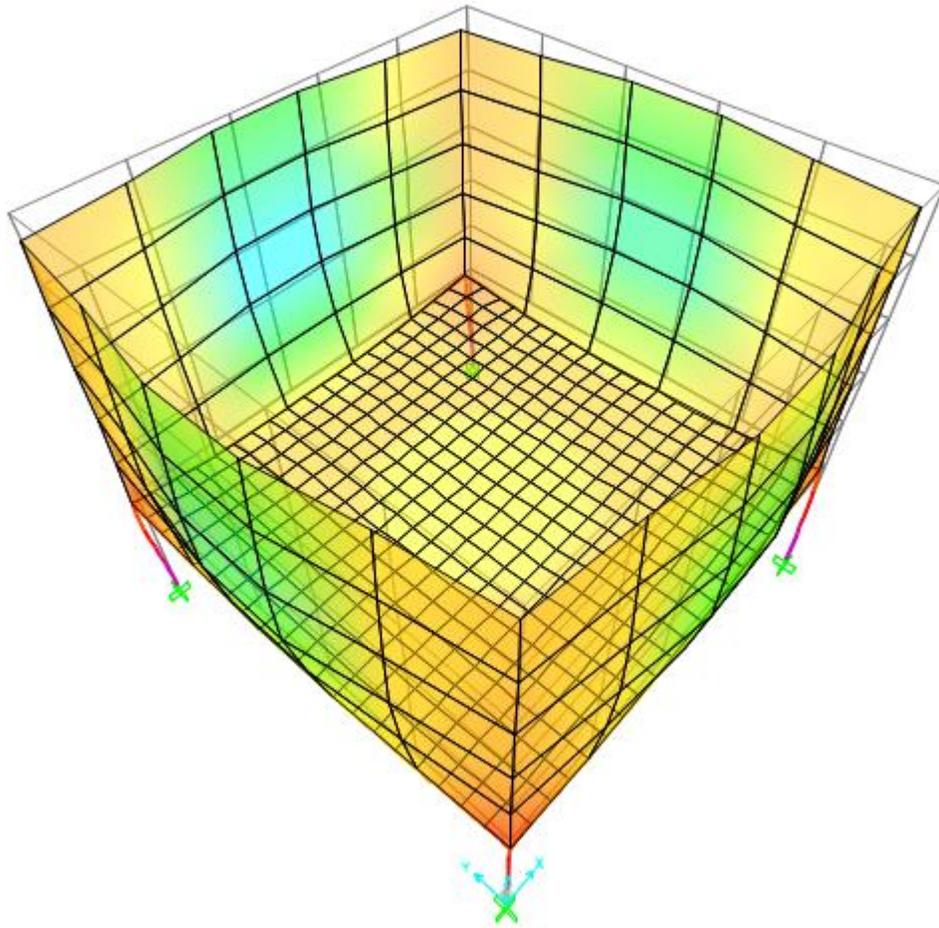
Ilustración 54. Descripción gráfica del diseño por cortante de las columnas 4, 8, 12 y 16.



Fuente: Propia.

### 4.3. Tanque.

Ilustración 55. Descripción gráfica del análisis de cargas en el tanque.



Fuente: Propia.

#### 4.3.1. Cálculo para el diseño de la losa base.

Para el diseño de la losa se realiza con las siguientes formulas:

$$M_{as} = C_{a,j} q_j l_{na}^2.$$

$$M_{bs} = C_{b,j} q_j l_{nb}^2.$$

Donde C es un coeficiente determinado por la condición de apoyo de la losa y sus dimensiones, los coeficientes están dados por la norma NSR-10 estos datos están descritos en las tablas 9, 10 y 11 del presente documento.

Los coeficientes para este caso de apoyos son los siguientes:

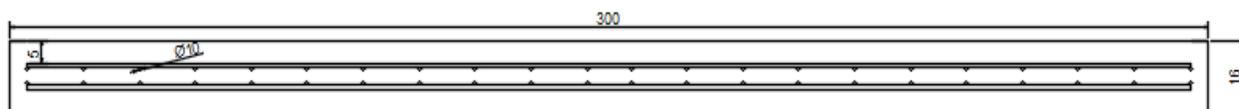
Los coeficientes para momentos negativos son 0.045 y para los momentos positivos son 0.018 para carga muerta y 0.027 para carga viva.

Tabla 90. Resultado del cálculo para el diseño de la losa en dos direcciones.

Diseño de losa en dos direcciones				
b	1	Ma (negativo)	14.45	Ma (positivo) 6.27
h	0.16	Mb (negativo)	14.45	Mb (positivo) 6.27
d	0.1	M(KN-m)	14.45	6.27 14.45
Carga muerta	29.69	$\phi M_n$	21.68	9.40 21.68
Carga viva	6	$\rho$	0.005422527	0.002284688 0.005422527
f'c	28	As(cm <sup>2</sup> /cm)	5.42	3.00 5.42
Fy	420	Superior	10mmc14	10mmc14
La(m)	3	Inferior	10mmc14	
Lb(m)	3			
m	1			

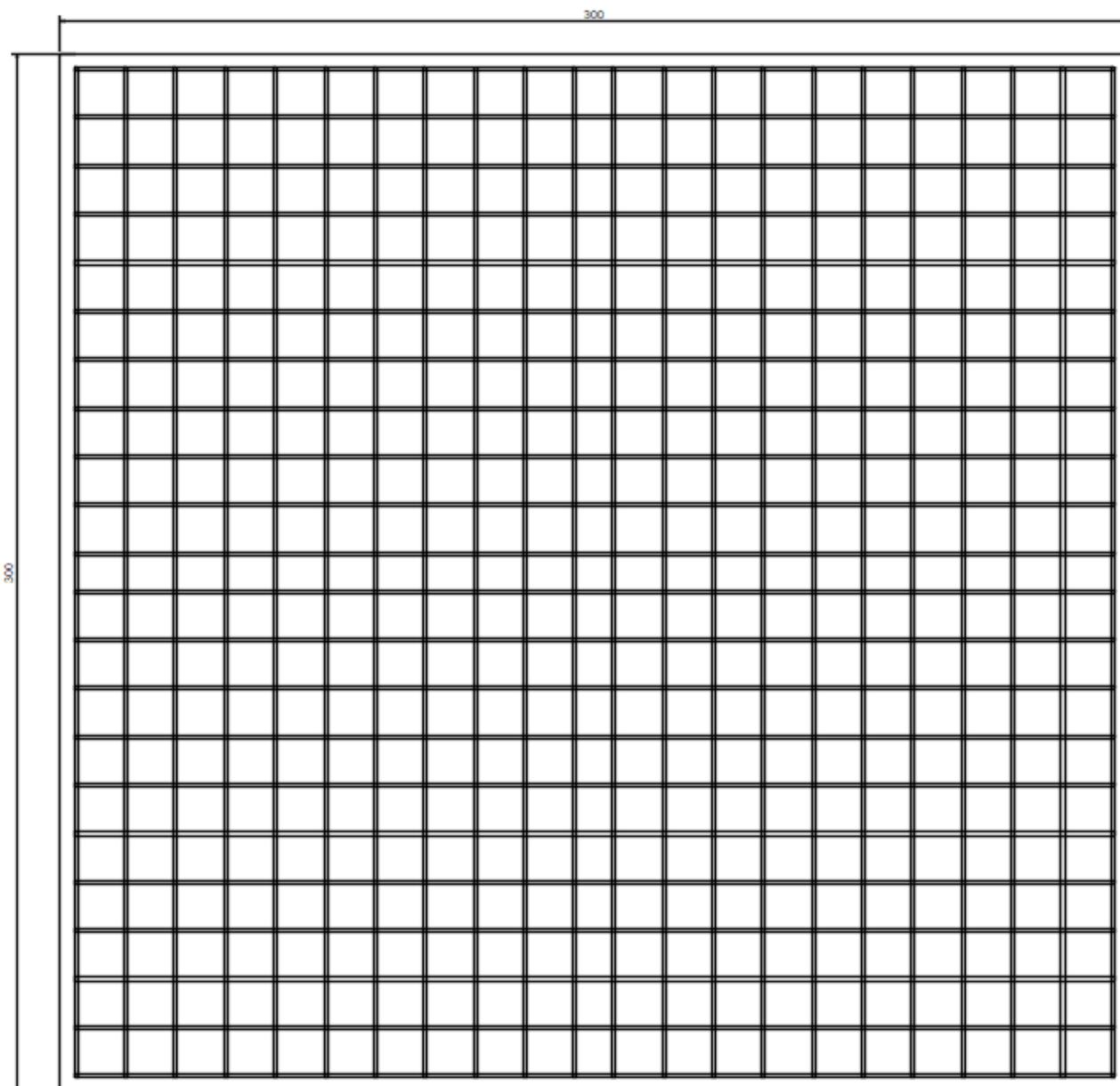
Fuente: Propia.

Ilustración 56. Descripción gráfica de la losa en dos direcciones, perfil.



Fuente: Propia, Las unidades están dadas en centímetros y el diámetro en milímetros.

Ilustración 57. Descripción gráfica en planta de la losa en dos direcciones.



Fuente: Propia.

### 4.3.2. Cálculo para el diseño de los muros.

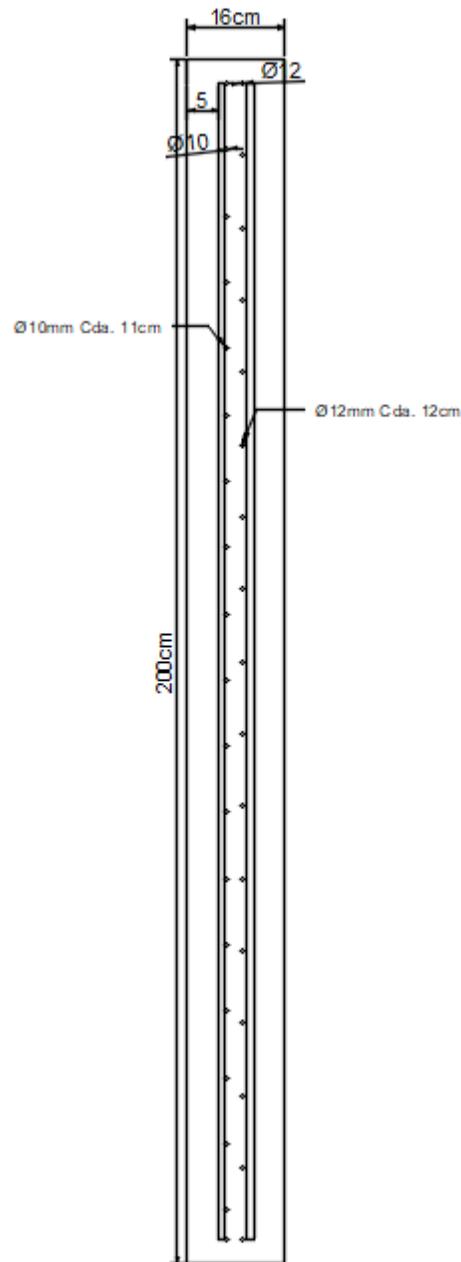
Para el diseño del muro se tuvo en cuenta las cargas intrusivas y convectivas, que son cargas producidas por el efecto del movimiento generado por el sismo.

Tabla 91. Cálculo para el diseño de la malla en los muros.

		Diseño de muro			
b	1	M(KN-m)	17.4	23.60	17.40
h	0.20	$\phi Mn$	26.10	35.40	26.10
d	0.14	$\rho$	0.006599764	0.009173293	0.006599764
f'c	28	As(cm2/cm)	6.5998	9.17	6.5998
fy	420	Superior	10mmCad.11cm		10mmCad.11cm
		Inferior		12mmCad.12cm	

Fuente: Propia.

Ilustración 58. Descripción gráfica de la distribución del acero en los muros.



Fuente: Propia.

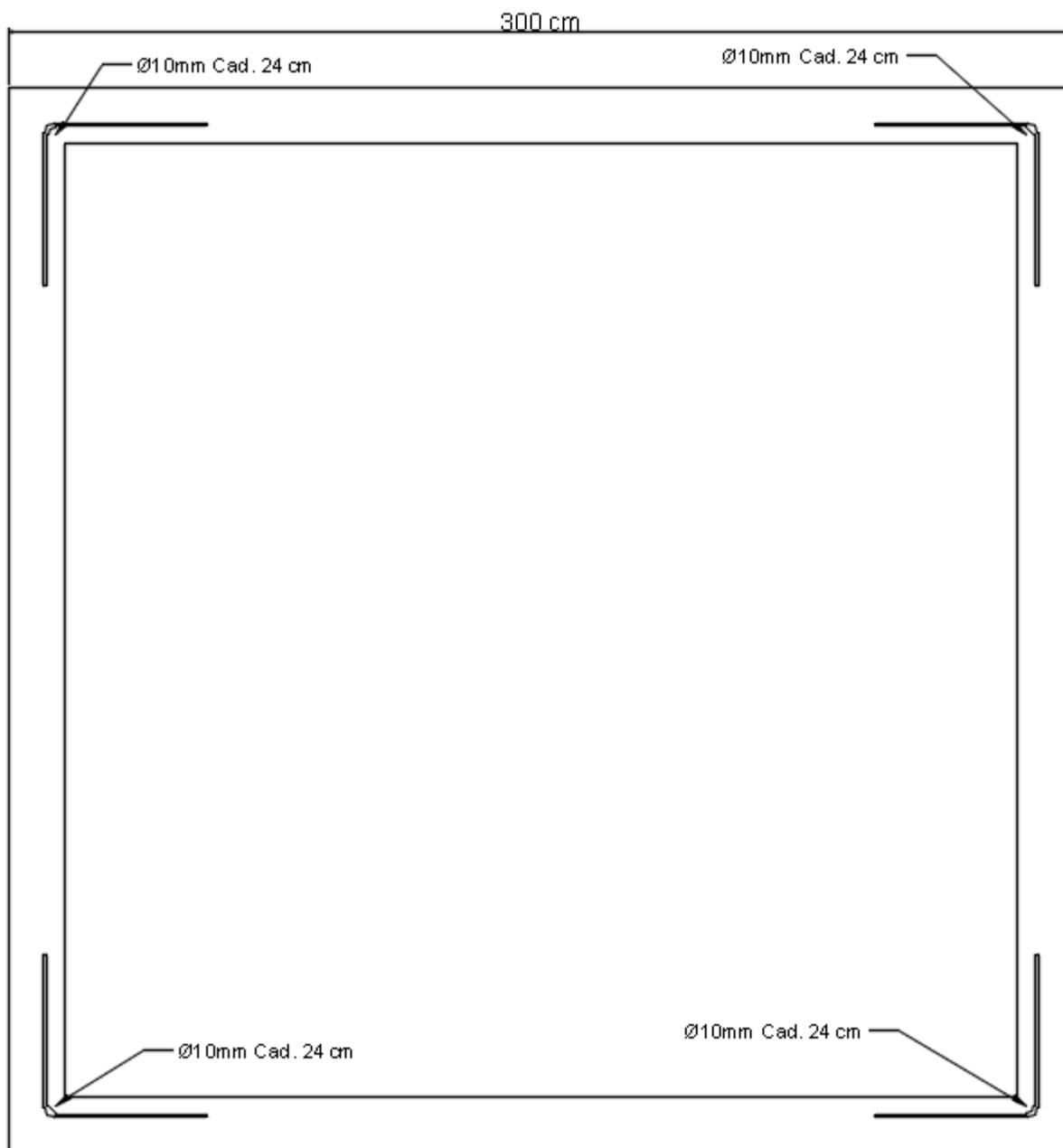
En la unión del muro con la losa se colocarán barras de 10 milímetros cada 28 centímetros con ganchos de 40 centímetros para mitigar los esfuerzos cortantes generados por la presión hidrostática.

Ilustración 59. Descripción gráfica de la colocación de los ganchos.



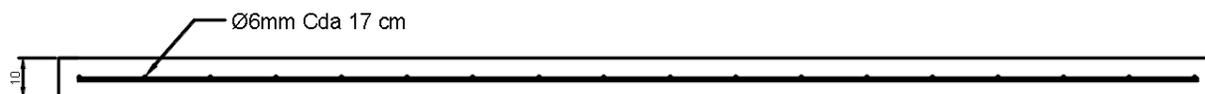
Fuente: Propia.

Ilustración 60. Descripción gráfica del tanque en planta donde se muestra cómo se debe disponer el acero para evitar las fisuras en las esquinas del tanque.



Fuente: Propia.

Ilustración 61. Diseño de la tapa del tanque.



Fuente: Propia.

#### 4.4. Diseño de la cimentación.

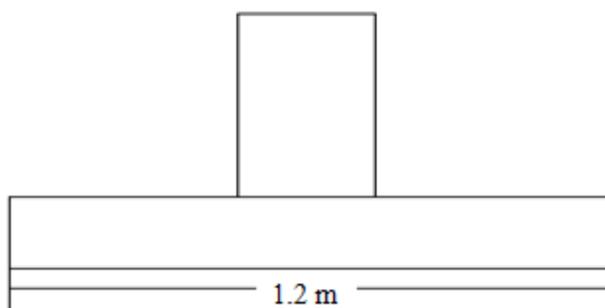
Para el diseño de la cimentación se usó el método de capacidad portante de Meyerof, la cimentación trata de una zapata aislada de geometría cuadrada cuya dimensión B esta descrita en la tabla 91 del presente documento.

Tabla 92. Calculo para el diseño de la cimentación.

Dimensionamiento de zapatas aisladas por el método de Meyerof					
Q(KN)=	433.97	Fcs=	1.46	qu(KN/m2)=	2121.21
F.S=	5.80	Fcd=	1.72	q(KN/m2)=	301.37
$\phi^\circ$ =	22	Fci=	1		
C(Kpas)=	35.23	Fcc=	1		
Nc=	16.88	Fqs=	1.4		
Nr=	7.13	Fqd=	1.63		
Nq=	7.82	Fqi=	1		
DF(m)=	2	Fqc=	1		
q(KN)=	40.2	Frs=	0.6		
$\gamma$ (KN/m3)=	20.1	Frd=	1		
$\beta^\circ$ =	0	Fri=	1		
Ir=	1	Frc=	1		
Ir(cr)=	1	B(m)=	1.2		

Fuente: Propia.

Ilustración 62. Demostración grafica de la cimentación.



Fuente: Propia.

Tabla 93. Cálculo para el diseño de la zarpa de la zapata.

Diseño de la parrilla	
h	45
B	1,2
d	0,35
M(KN-m)	130,64
$\phi Mn$	195,96
K	1324,08
$\rho$	0,00361
As(cm <sup>2</sup> )	15,21
Zarpa	#5 Cda. 15cm

Fuente: Propia.

Tabla 94. Verificación de cortante en dos direcciones para sección crítica a d/2 del borde de la columna.

Verificación de cortante	
V(d/2)	185.72
V <sub>u</sub>	278.58
$\phi V_c$	3673.23

Fuente: Propia.

Tabla 95. Verificación de cortante en dos direcciones para sección crítica en d del borde de la columna.

Verificación de cortante	
V(d)	18.11
V <sub>u</sub>	27.17
$\phi V_c$	284.32

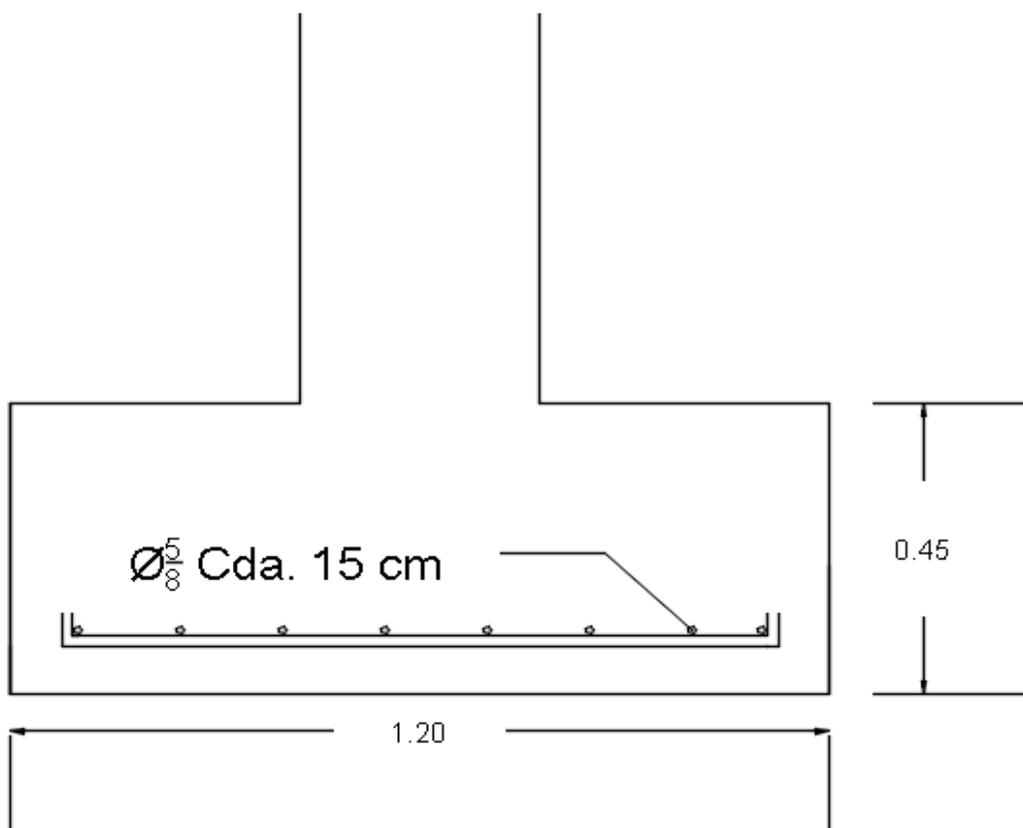
Fuente: Propia.

Tabla 96. Verificación por aplastamiento en la base de la columna y en la zapata.

Verificación por aplastamiento	
P <sub>u</sub>	586.44
$\phi P_{nb}$	1895.07
A <sub>1</sub>	0.12
A <sub>2</sub>	4.62
$\sqrt{A_2/A_1}$	6.14
$\phi P_{nbz}$	3790.15

Fuente: Propia. (P<sub>u</sub>= Fuerza de aplastamiento actuante,  $\phi P_{nb}$ = Capacidad al aplastamiento del concreto en la base de la columna, A<sub>1</sub>= Área de la columna, A<sub>2</sub>= Área efectiva de la zapata,  $\phi P_{nbz}$ = Capacidad al aplastamiento del concreto en la zapata).

Ilustración 63. Descripción gráfica del diseño de la zapata.



Fuente: Propia.

Tabla 97. Cálculo de los asentamientos diferenciales de la estructura.

Zapata	B(m)	Df(m)	Nº golpes (N)	C1	Kb	Kd	Kw	Asentamientos (s)(cm)	Asentamientos diferenciales calculado(cm)	Asentamiento diferencial norma (cm)
Eje A1	1.2	2	68	0.0747	2.56	0.58	1	0.11	0	1
Eje A2	1.2	2	68	0.0747	2.56	0.58	1	0.11	0	1
Eje B1	1.2	2	68	0.0747	2.56	0.58	1	0.11	0	1
Eje B2	1.2	2	68	0.0747	2.56	0.58	1	0.11	0	1

Fuente: Propia.

## **5. Análisis de resultados.**

### **5.1. Dimensionamiento.**

Con la ayuda de la norma se realizó el pre-dimensionamiento de la estructura donde inicialmente las secciones de las columnas eran de 25x25cm y con concreto de 21 Mega pascales de resistencia a la compresión, para las vigas del piso 1 al 3 sus dimensiones son de 30x30cm y la viga del piso cuatro es de 30x40cm, posterior a esto se inicia con el análisis de cargas y con el cálculo de la fuerza del sismo por medio del método de la fuerza horizontal equivalente, una vez hecho esto se simula este efecto del sismo en el software SAP2000, este sismo genera unos desplazamientos horizontales descritos en las tablas 23 y 24 del presente documento, los cuales son usados para verificar las derivas de la estructura, como en un principio el diseño de las columnas preliminares no cumplió con las derivas como lo describen las tablas 25 a la 32 ; esto se debe a que la estructura no es lo suficiente rígida ante estas fuerzas, como opción para rigidizar la estructura se procede a aumentar la sección de las columnas a 35x35cm y aumentar la resistencia del material a 28 mega pascales, se ve necesario el aumento de la resistencia del material debido a que las columnas con la resistencia inicial sus secciones estaban quedando muy amplias y esto genera costos muy altos.

Luego de haber realizado estos cambios se procede a simular la estructura de nuevo y se obtiene los nuevos desplazamientos descritos en las tablas 33 y 34, con estos resultados se verifican las derivas y se comprueba que la estructura es lo suficiente rígida como lo describen los resultados en las tablas 35 a la 42, estos resultados también son debido a que la estructura es demasiado alta para sus dimensiones en el eje x e y es decir es irregular en altura, una vez realizada estas verificaciones se procede con el diseño estructural de los elementos.

## **5.2. Diseño de los elementos.**

### **5.2.1. Diseño de vigas.**

Para el diseño las vigas se usó el método de la resistencia ultima, en las vigas el efecto del sismo afecta directamente, esto se debe a que genera e aumenta los momentos negativos en la viga, para mitigar estos momentos se debe diseñar con aceros en la parte superior e inferior de la viga como se describe en las ilustraciones 11 a la 29, para el diseño por cortante en las vigas como la resistencia del concreto es alta solo el concreto resiste esta fuerza cortante, por ende el diseño a cortante de las vigas se realiza cumpliendo los parámetros mínimos de la norma NSR-10.

### **5.2.2. Diseño de columnas.**

El diseño de las columnas se realizan por medio de la ecuación de columnas con carga axial y momento, el requerimiento de acero es poco ya que la resistencia del concreto contiene la carga axial y momento generado por las cargas y el sismo el diseño de las columnas esta descrito en la ilustración 46 del presente documento, cuando se diseña por cortante ocurre lo mismo que las vigas donde el concreto resiste las fuerzas cortantes generadas por las cargas donde el refuerzo transversal se diseña con los parámetros mínimos de diseño descritos en la norma NSR-10.

## **5.3. Tanque.**

### **5.3.1. Diseño de losa en dos direcciones.**

Para el diseño de la losa se realizó por el método de los coeficientes que consiste en multiplicar unos coeficientes dados según la condición de apoyo de la losa con la carga y la longitud de la losa al cuadrado se diseñó la losa con todos sus apoyos empotrados ya que al estar entre las vigas y los muros estos le generan una condición de apoyo rígido generando momentos negativos en los apoyos de la losa debido a esto se debe colocar doble parrilla para suplir las solicitaciones de los momentos negativos y positivos, también como la losa va a contener agua,

elemento que es perjudicial para el acero la norma recomienda dejar 5 centímetros de recubrimiento el diseño de esta losa se describe en las ilustraciones 56 y 57 del presente documento.

### **5.3.2. Diseño de muros.**

En el diseño de los muros se tuvo que analizar las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas que son cargas generadas por el fluido que va a contener que en este caso es el agua, las cargas hidrostáticas son cuando el agua está en estado de reposo la cual es su condición normal, las cargas hidrodinámicas son las que se producen cuando el agua está en movimiento, cuyo movimiento lo genera la fuerza del sismo ya que este genera un movimiento pendular sobre la estructura ocasionando que el agua se mueve produciendo cargas intrusivas y convectivas, por tal razón la malla del acero del muro se diseñó para contener momentos negativos y positivos, ya que si solo se tuvieran cargas hidrostáticas solo llevaría acero en la parte inferior de los muros para momento negativos y en la parte superior para momentos positivos, pero en este caso los muros se diseñaron con doble parrilla por estos posibles casos de carga, tal cual como lo describe la ilustración 58 del presente documento.

También dentro de la simulación del tanque se evidencia como en la unión de los muros con la losa se concentran momentos y esfuerzos cortantes, para controlar estas fisuras que se puedan generar se adiciona acero tal cual como lo describe la ilustración 59 del presente documento.

En las esquinas que forman los muros del tanque también se concentraban los momentos debido a las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas se vio en la necesidad de reforzar estas zonas para evitar las fisuras que se puedan generar debido a esos momentos, la disposición del refuerzo y su colocación esta descrito en la ilustración 60 en el capítulo del presente documento.

#### **5.4. Cimentación.**

Para el diseño de la cimentación se usó el tipo de zapata cuadrada aislada y su dimensionamiento se realizó por el método de capacidad portante de Meyerof donde el resultado fue de 1.2 metros con un factor de seguridad de 6 esto es gracias a que en el estrato donde se diseñó la zapata es un tipo de suelo es friccionante y cohesivo donde estas condiciones son favorables para el diseño de la zapata y también este estrato según el estudio de suelo es un suelo consolidado es decir que es rígido gracias a estas condiciones la zapata no requiere dimensiones grandes.

Se verifico por aplastamiento y por cortante la zapata como la resistencia del concreto es alta las cargas de servicio no son tan altas para ocasionar efectos de transferencia de carga a la zapata, los pedestales de las zapatas se unieron por medio de vigas esto se hace con el fin de evitar fallas por torsión en la estructura.

### **Recomendaciones**

Se recomienda realizar los estudios de suelos en temporada de lluvias ya que el nivel freático puede variar afectando la cimentación de la estructura.

La estructura del tanque y el tanque solo se analizaron y se diseñaron para el almacenamiento de agua, no se puede almacenar ningún otro tipo de fluido.

Se recomienda realizar el análisis modal de la estructura ya que por efectos académicos solo se realizó el análisis estático sísmico por el método de la fuerza horizontal equivalente.

Se recomienda que el uso de los materiales (concreto y acero) sean los especificados en el documento ya que todo el análisis y el diseño se realizó con las características mecánicas de esos materiales.

Se recomienda realizar en las esquinas del tanque donde se unen los muros chaflanes ya que allí se puede producir fisuras debido a los momentos, al realizar estos chaflanes ayuda a disminuir la reacción de los momentos.

## Conclusiones

Se ha desarrollado la simulación del pre-diseño en SAP 2000 obteniendo como resultado una sección de 35x35 cm para las columnas, para las vigas de los tres primeros pisos se obtuvo una sección de 30x30 cm, para la viga del último piso una sección de 30x40 cm, en concreto de  $f^c=28$  MPa, dando como resultado el cumplimiento de las derivas exigidas por la norma, el cual debe ser menor o igual al 1% de la altura de capa piso.

Se elaboraron los planos constructivos y de detalle donde se especifica la colocación del acero, sus respectivos diámetros, los ejes de la estructura, los ganchos y estribos, demostrando como deben ir puestos, a que distancia deben estar y que longitud debe de tener cada uno de los aceros de refuerzo longitudinal y transversal.

Se realizó el estudio de suelos donde el tipo de suelo que se encuentra en la zona de construcción es un perfil tipo D, donde tiene un ángulo de fricción de  $22^\circ$  y una cohesión de 35 KPas, donde a 2 metros de profundidad se encuentra un estrato muy firme el cual presentó rechazo en la prueba del SPT.

Se logra comprender la importancia y la necesidad de la disposición del acero ya que este permite que la estructura adquiera resistencia ante momentos y fuerzas cortantes producidas por solicitaciones de carga, la resistencia del concreto también es fundamental ya que este permite que la estructura soporte cargas de sismo, ya que al aumentar la resistencia del concreto aumenta la rigidez permitiendo que los desplazamientos sean mínimos.

### Referencias

Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construccion Sismo resistente. (NSR-10)*. Bogota: AIS.

Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingenieria de cimentaciones*. Mexico: CENGAGE LEARNING.

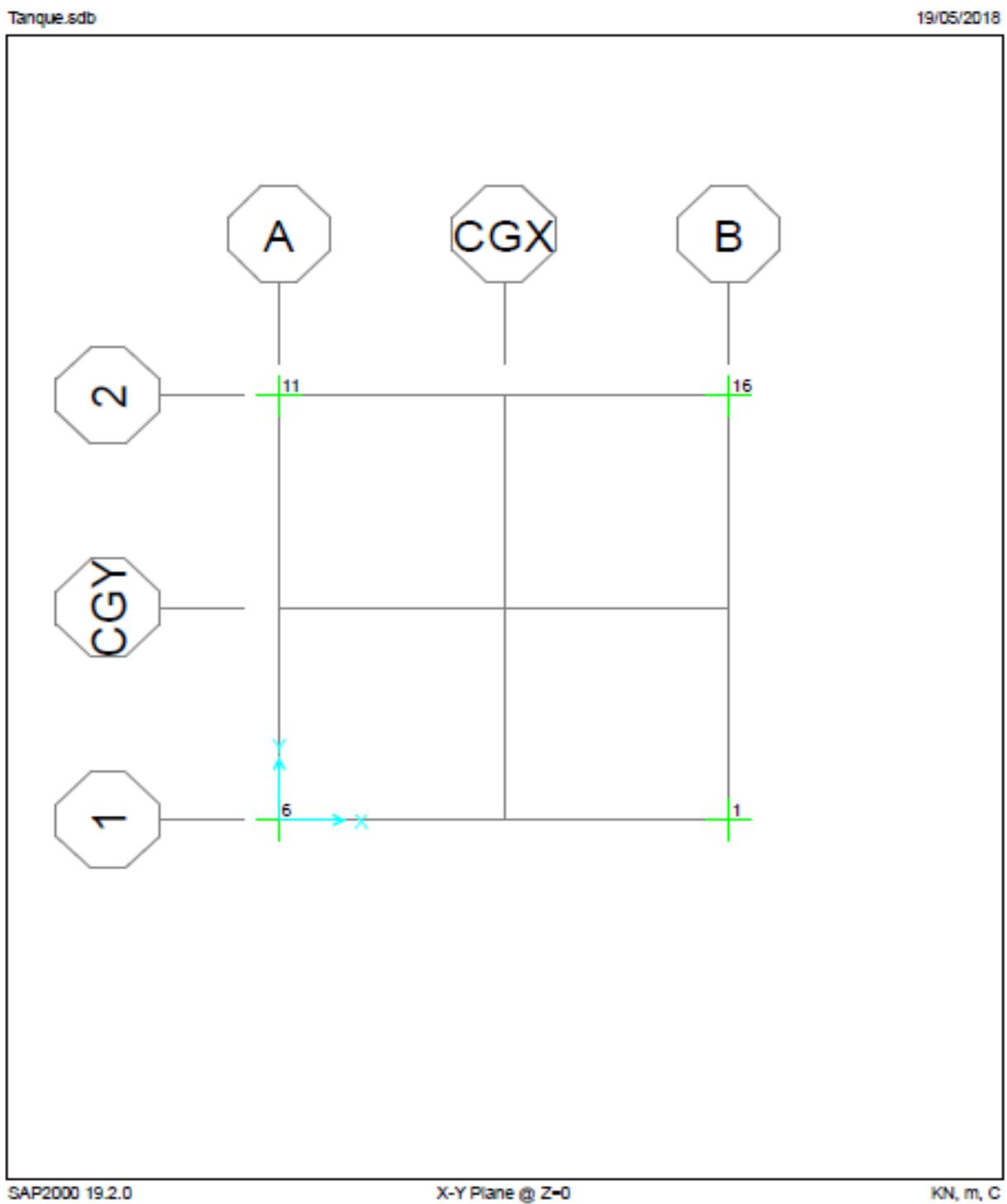
Hernandez, R. (2016). *Metodologia de la investigacion*. Mexico DF: MC-GrawHill.

Hibbeler, R. C. (2012). *Analisis Estructural*. Mexico: PERSON EDUCACION.

Segura Franco, J. I. (2011). *Estructuras de concretos I*. Bogota: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

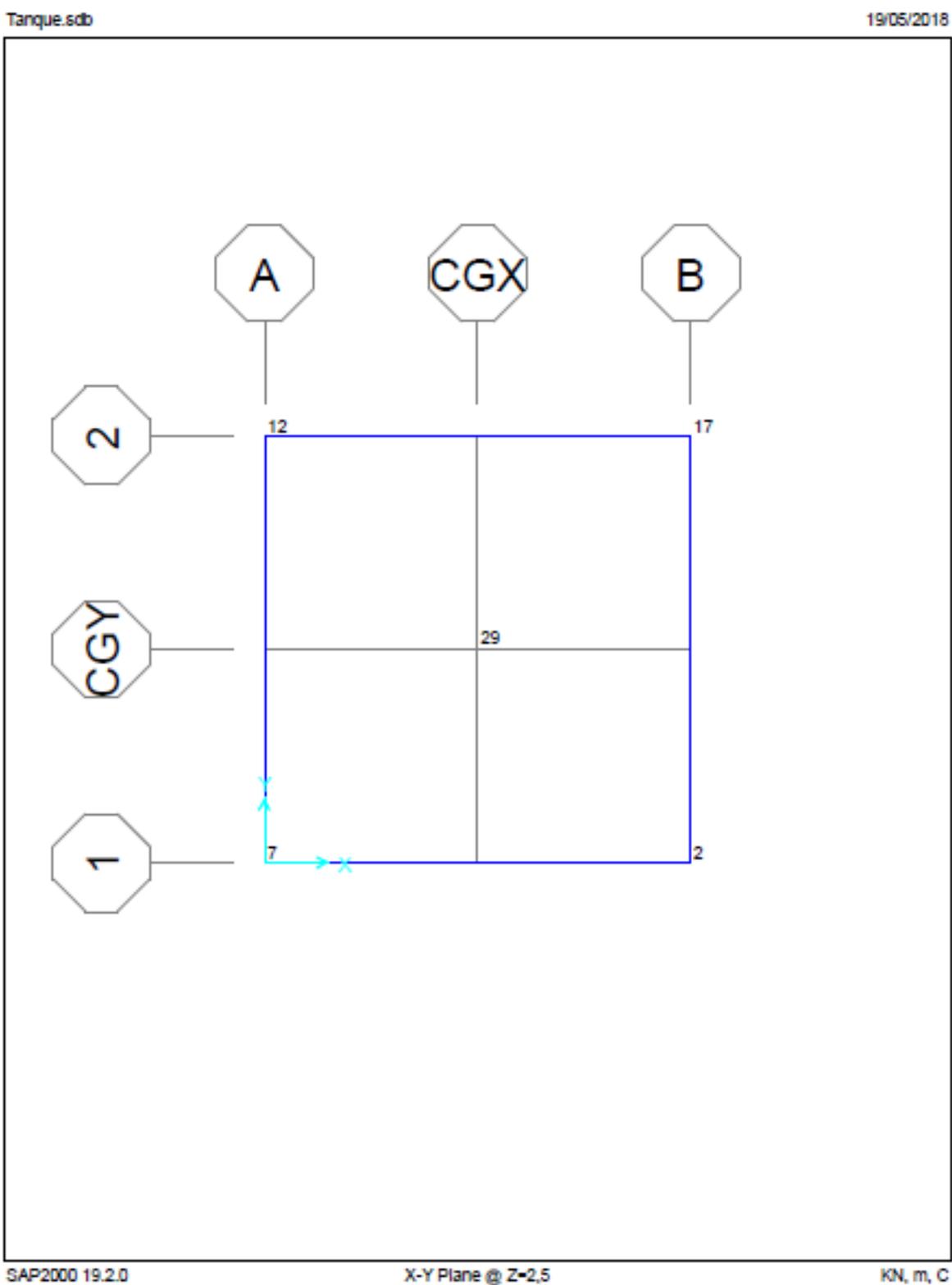
Uribe Escamilla, J. (s.f.). *Analisis de Estructuras*. Bogota: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.

## **Anexos**

**Anexo A. Simulación.***Ilustración 64. Descripción gráfica de la simulación del tanque en planta en la altura Z=0.*

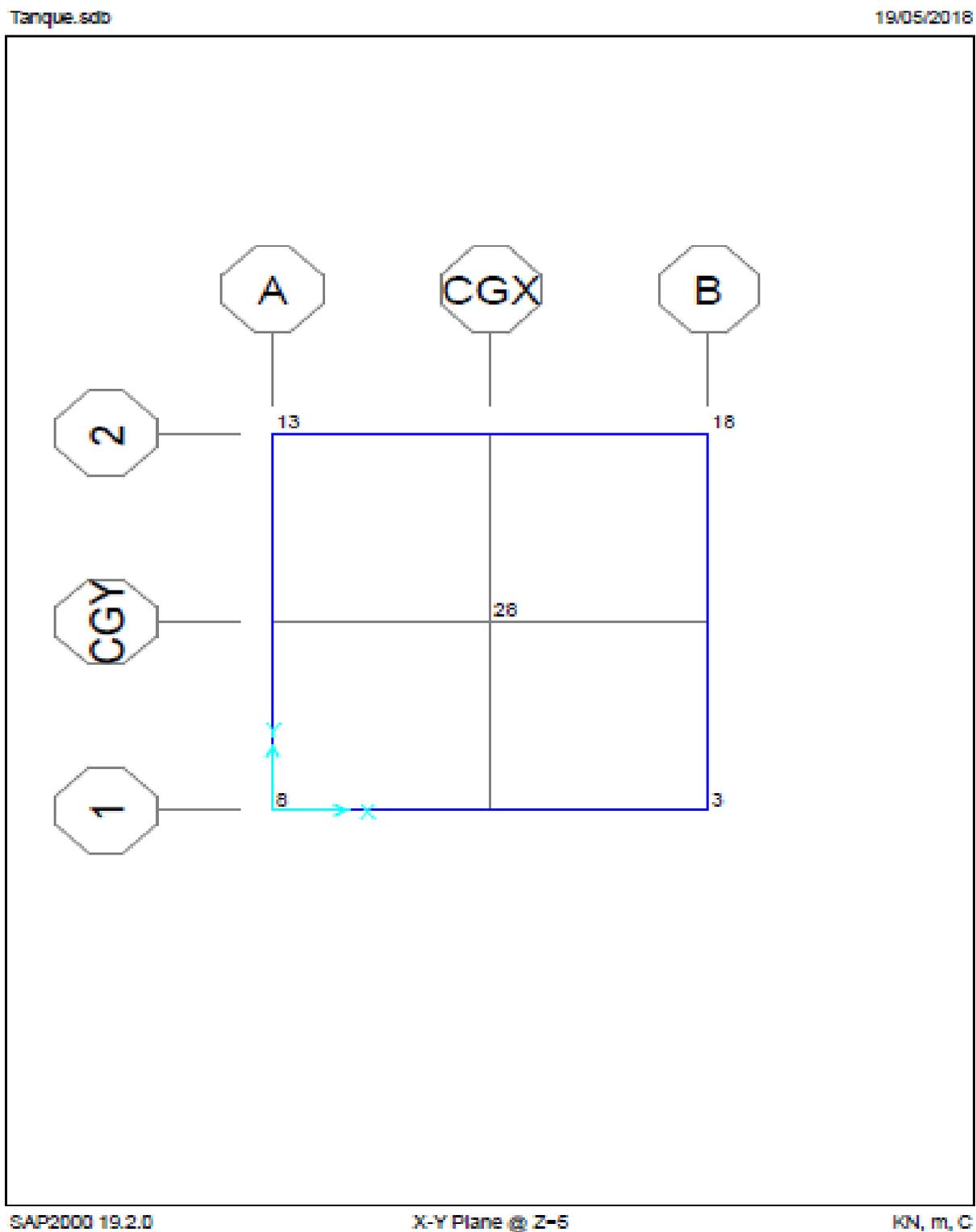
Fuente: Propia.

Ilustración 65. Descripción gráfica de la simulación del tanque en planta en la altura Z=2.5.



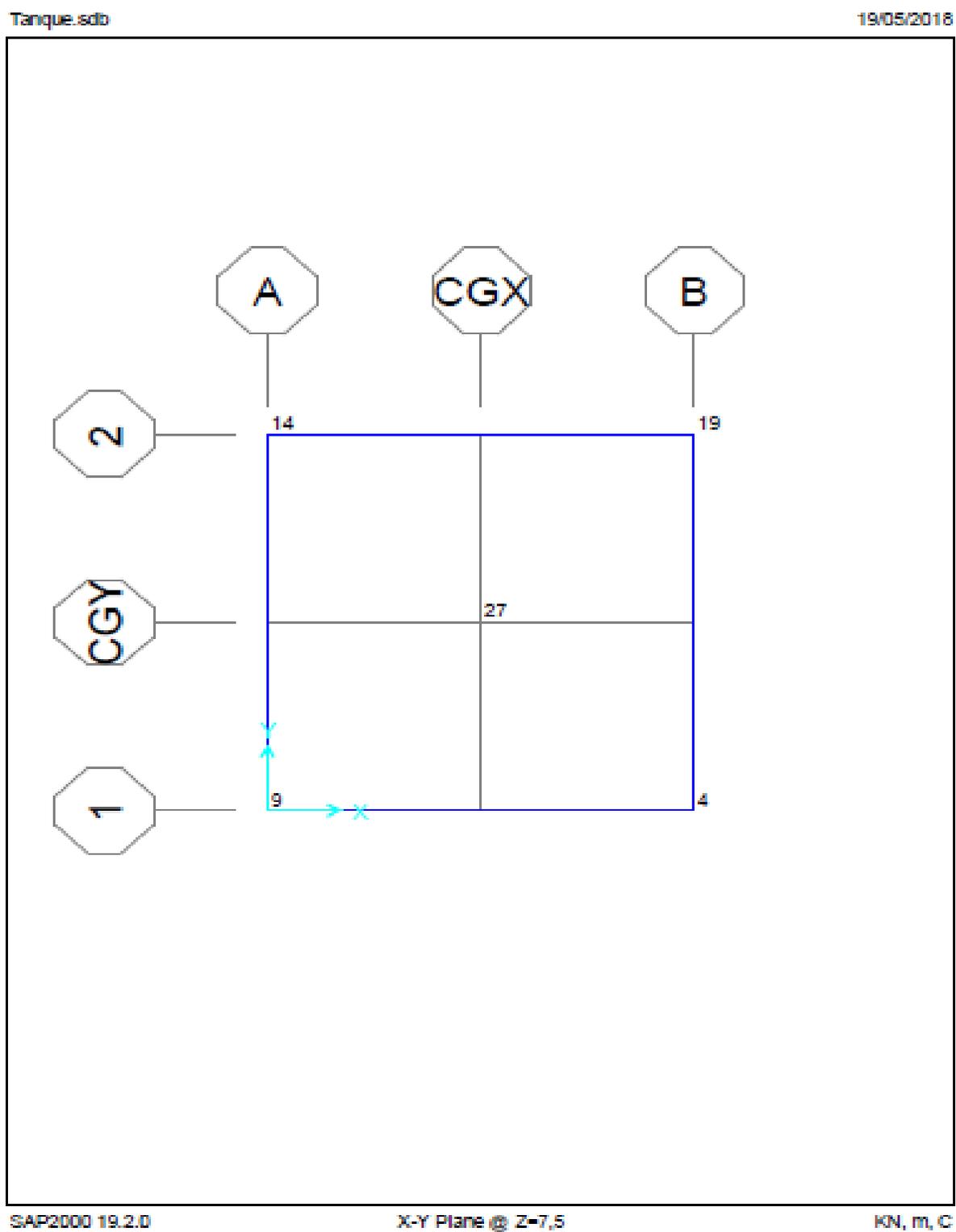
Fuente: Propia.

Ilustración 66. Descripción gráfica de la simulación del tanque en planta en la altura Z=5.



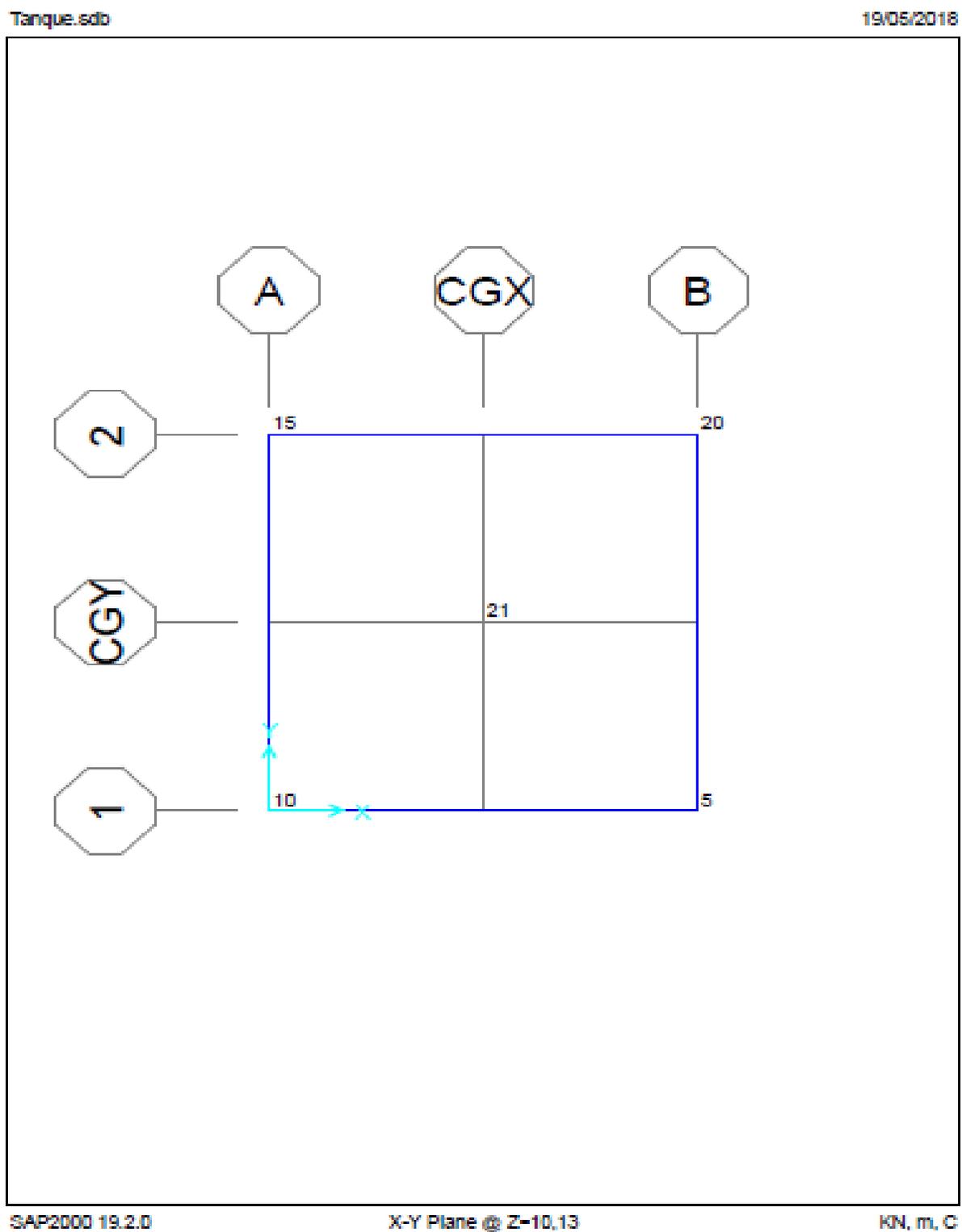
Fuente: Propia.

Ilustración 67. Descripción gráfica de la simulación del tanque en planta en la cota Z=7.5.



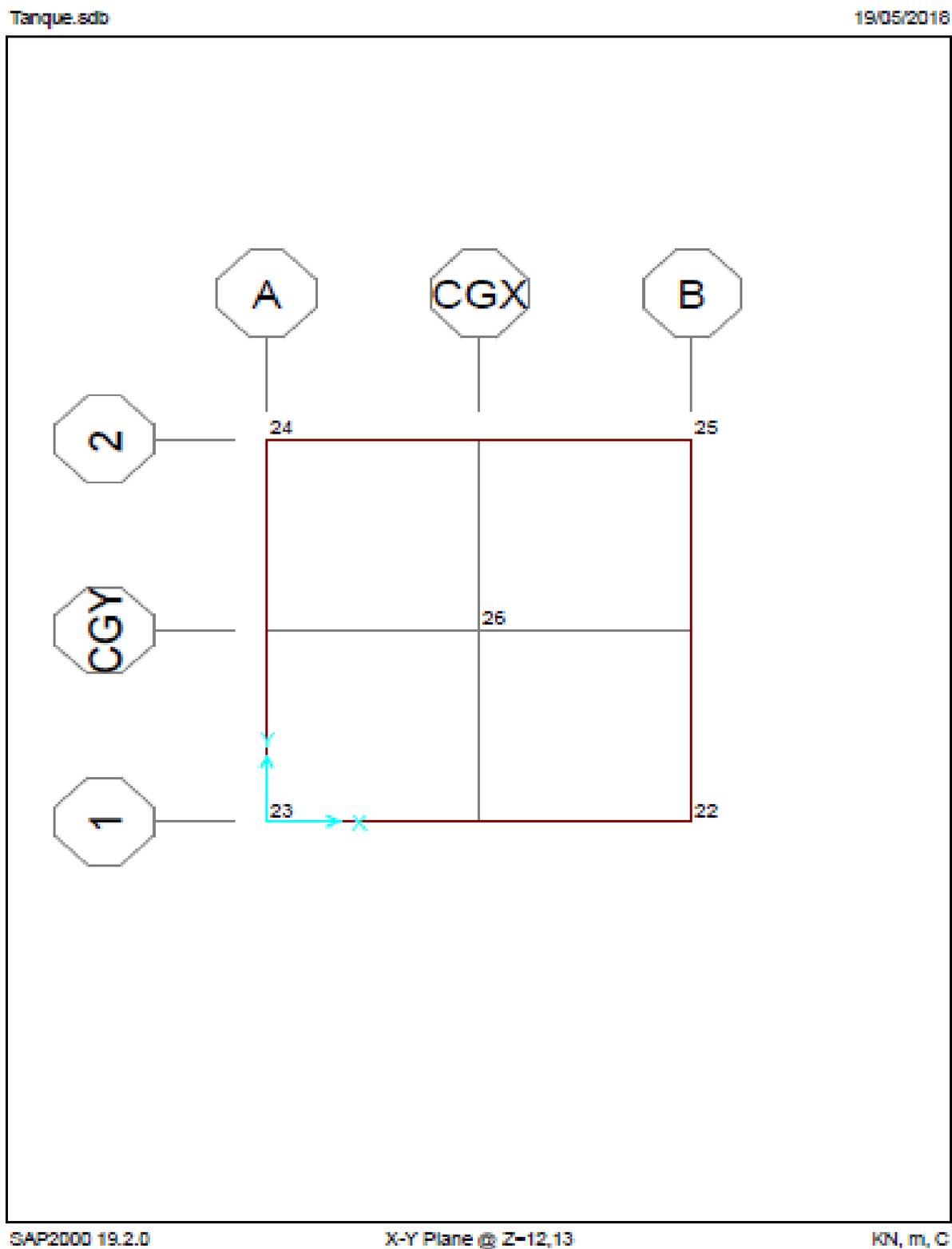
Fuente: Propia.

Ilustración 68. Descripción gráfica de la simulación del tanque en planta en la cota Z=10.13.



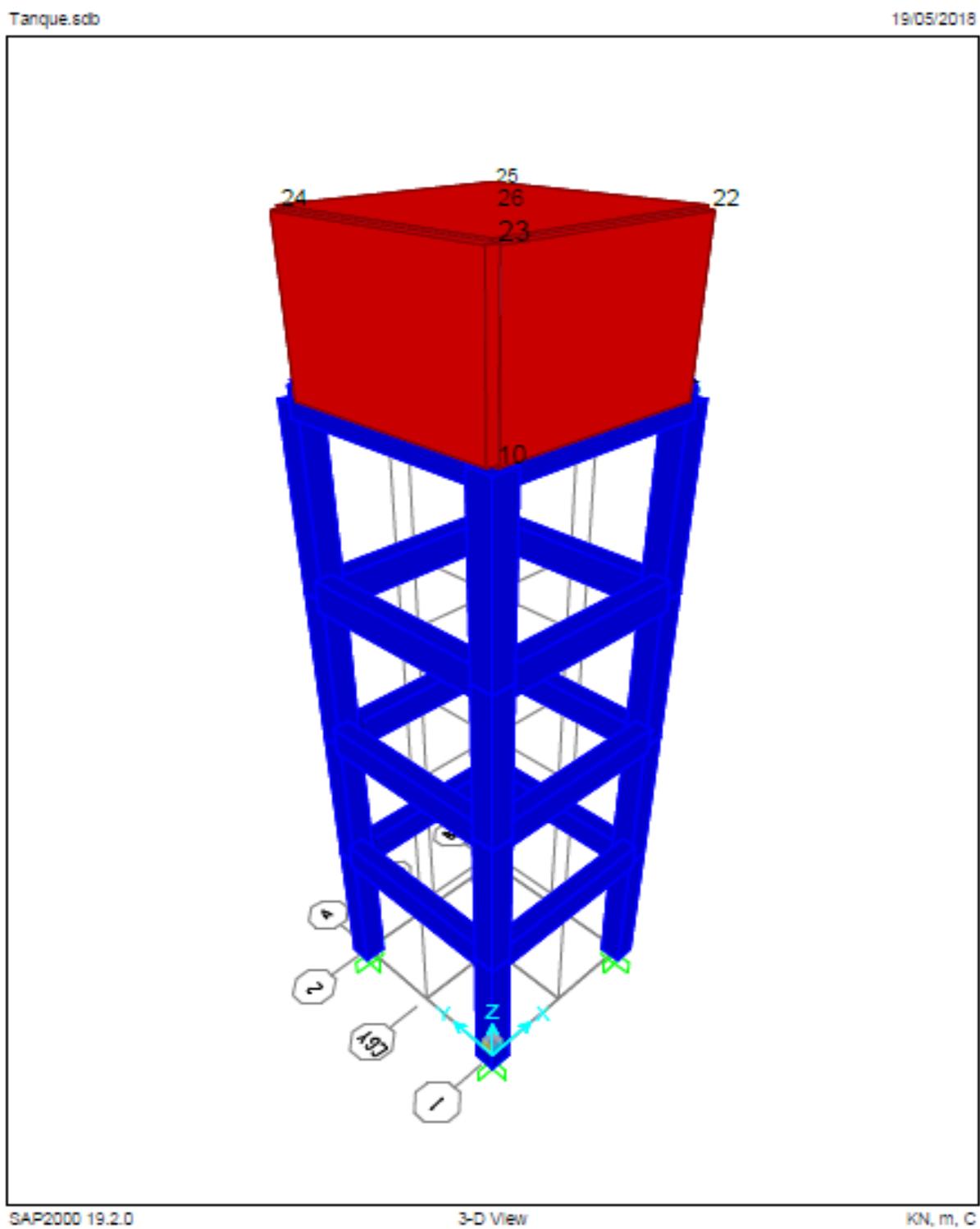
Fuente: Propia.

Ilustración 69. Descripción gráfica de la simulación del tanque en planta en la cota Z=12.13.



Fuente: Propia.

Ilustración 70. Descripción gráfica de la simulación del tanque en 3 D.



Fuente: Propia.

Tabla 98. Localización de cada uno de los puntos de la estructura en el software.

Joint	CoordSys	CoordType	XorR	Y	Z	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
			m	m	m	m	m	m
1	GLOBAL	Cartesian	3	0	0	3	0	0
2	GLOBAL	Cartesian	3	0	2.5	3	0	2.5
3	GLOBAL	Cartesian	3	0	5	3	0	5
4	GLOBAL	Cartesian	3	0	7.5	3	0	7.5
5	GLOBAL	Cartesian	3	0	10.13	3	0	10.13
6	GLOBAL	Cartesian	0	0	0	0	0	0
7	GLOBAL	Cartesian	0	0	2.5	0	0	2.5
8	GLOBAL	Cartesian	0	0	5	0	0	5
9	GLOBAL	Cartesian	0	0	7.5	0	0	7.5
10	GLOBAL	Cartesian	0	0	10.13	0	0	10.13
11	GLOBAL	Cartesian	0	3	0	0	3	0
12	GLOBAL	Cartesian	0	3	2.5	0	3	2.5
13	GLOBAL	Cartesian	0	3	5	0	3	5
14	GLOBAL	Cartesian	0	3	7.5	0	3	7.5
15	GLOBAL	Cartesian	0	3	10.13	0	3	10.13
16	GLOBAL	Cartesian	3	3	0	3	3	0
17	GLOBAL	Cartesian	3	3	2.5	3	3	2.5
18	GLOBAL	Cartesian	3	3	5	3	3	5
19	GLOBAL	Cartesian	3	3	7.5	3	3	7.5
20	GLOBAL	Cartesian	3	3	10.13	3	3	10.13
21	GLOBAL	Cartesian	1.5	1.5	10.13	1.5	1.5	10.13
22	GLOBAL	Cartesian	3	0	12.13	3	0	12.13
23	GLOBAL	Cartesian	0	0	12.13	0	0	12.13
24	GLOBAL	Cartesian	0	3	12.13	0	3	12.13
25	GLOBAL	Cartesian	3	3	12.13	3	3	12.13
26	GLOBAL	Cartesian	1.5	1.5	12.13	1.5	1.5	12.13
27	GLOBAL	Cartesian	1.5	1.5	7.5	1.5	1.5	7.5
28	GLOBAL	Cartesian	1.5	1.5	5	1.5	1.5	5
29	GLOBAL	Cartesian	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	2.5

Fuente: Propia.

Tabla 99. Definición de cargas en el software.

LoadPat	DesignType	SelfWtMult
P.P.	Dead	1
Viva	Live	0
SX	Quake	0
SY	Quake	0

Fuente: Propia.

Tabla 100. Combinaciones de carga en el software.

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
COMB1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.4
COMB2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB2		Linear Static	Viva	1.6
COMB3	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB3		Linear Static	Viva	1
COMB4	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB4		Linear Static	Viva	1
COMB5	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB5		Linear Static	Viva	1
COMB5		Linear Static	SX	1
COMB6	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB6		Linear Static	Viva	1
COMB6		Linear Static	SX	-1
COMB7	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB7		Linear Static	Viva	1
COMB7		Linear Static	SY	1
COMB8	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
COMB8		Linear Static	Viva	1
COMB8		Linear Static	SY	-1
COMB9	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB10	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB10		Linear Static	SX	1
COMB11	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB11		Linear Static	SX	-1
COMB12	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB12		Linear Static	SY	1
COMB13	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB13		Linear Static	SY	-1
COMB15	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB15		Linear Static	SX	1

COMB15		Linear Static	SY	0.3
COMB16	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB16		Linear Static	SX	1
COMB16		Linear Static	SY	-0.3
COMB17	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB17		Linear Static	SX	-1
COMB17		Linear Static	SY	0.3
COMB18	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.9
COMB18		Linear Static	SX	-1
COMB18		Linear Static	SY	-0.3
COMB19	Envelope	Response Combo	COMB1	1
COMB19		Response Combo	COMB10	1
COMB19		Response Combo	COMB11	1
COMB19		Response Combo	COMB12	1
COMB19		Response Combo	COMB13	1
COMB19		Response Combo	COMB15	1
COMB19		Response Combo	COMB16	1
COMB19		Response Combo	COMB17	1
COMB19		Response Combo	COMB18	1
COMB19		Response Combo	COMB2	1
COMB19		Response Combo	COMB3	1
COMB19		Response Combo	COMB4	1
COMB19		Response Combo	COMB5	1
COMB19		Response Combo	COMB6	1
COMB19		Response Combo	COMB7	1
COMB19		Response Combo	COMB8	1
COMB19		Response Combo	COMB9	1

Fuente: Propia.

Tabla 101. Reacciones de la estructura.

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
				KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	COMB1	Combination		-0.521	0.521	222.248	-0.4223	-0.4223	-5.753E-14
1	COMB2	Combination		-0.437	0.437	212.098	-0.3539	-0.3539	-5.595E-14
1	COMB3	Combination		-0.441	0.441	203.998	-0.3569	-0.3569	-5.346E-14
1	COMB4	Combination		-0.441	0.441	203.998	-0.3569	-0.3569	-5.346E-14
1	COMB5	Combination		-41.858	-5.451	390.96	8.2899	-64.9276	-2.274
1	COMB6	Combination		40.976	6.333	17.037	-9.0037	64.2138	2.274
1	COMB7	Combination		-6.333	-40.976	17.037	64.2138	-9.0037	-2.274
1	COMB8	Combination		5.451	41.858	390.96	-64.9276	8.2899	2.274
1	COMB9	Combination		-0.335	0.335	142.874	-0.2715	-0.2715	-3.698E-14
1	COMB10	Combination		-41.752	-5.557	329.835	8.3753	-64.8422	-2.274
1	COMB11	Combination		41.082	6.227	-44.088	-8.9183	64.2992	2.274
1	COMB12	Combination		-6.227	-41.082	-44.088	64.2992	-8.9183	-2.274
1	COMB13	Combination		5.557	41.752	329.835	-64.8422	8.3753	2.274
1	COMB15	Combination		-43.52	-17.982	273.747	27.7466	-67.4362	-2.9562
1	COMB16	Combination		-39.985	6.868	385.924	-10.9959	-62.2481	-1.5918
1	COMB17	Combination		39.314	-6.198	-100.176	10.4529	61.7052	1.5918
1	COMB18	Combination		42.849	18.652	12.001	-28.2895	66.8933	2.9562
1	COMB19	Combination	Max	42.849	41.858	390.96	64.2992	66.8933	2.9562
1	COMB19	Combination	Min	-43.52	-41.082	-100.176	-64.9276	-67.4362	-2.9562
6	COMB1	Combination		0.521	0.521	222.248	-0.4223	0.4223	-5.753E-14
6	COMB2	Combination		0.437	0.437	212.098	-0.3539	0.3539	-5.595E-14
6	COMB3	Combination		0.441	0.441	203.998	-0.3569	0.3569	-5.346E-14
6	COMB4	Combination		0.441	0.441	203.998	-0.3569	0.3569	-5.346E-14
6	COMB5	Combination		-40.976	6.333	17.037	-9.0037	-64.2138	-2.274
6	COMB6	Combination		41.858	-5.451	390.96	8.2899	64.9276	2.274
6	COMB7	Combination		-5.451	-29.192	17.037	46.9204	-8.2896	-2.274
6	COMB8	Combination		6.333	30.074	390.96	-47.6343	9.0035	2.274
6	COMB9	Combination		0.335	0.335	142.874	-0.2715	0.2715	-3.698E-14
6	COMB10	Combination		-41.082	6.227	-44.088	-8.9183	-64.2992	-2.274
6	COMB11	Combination		41.752	-5.557	329.835	8.3753	64.8422	2.274
6	COMB12	Combination		-5.557	-29.298	-44.088	47.0059	-8.3751	-2.274
6	COMB13	Combination		6.227	29.968	329.835	-47.5488	8.918	2.274
6	COMB15	Combination		-42.849	-2.663	-100.176	5.2649	-66.8932	-2.9562
6	COMB16	Combination		-39.314	15.117	12.001	-23.1015	-61.7053	-1.5918
6	COMB17	Combination		39.985	-14.447	273.747	22.5585	62.2482	1.5918
6	COMB18	Combination		43.52	3.333	385.924	-5.8079	67.4362	2.9562
6	COMB19	Combination	Max	43.52	30.074	390.96	47.0059	67.4362	2.9562
6	COMB19	Combination	Min	-42.849	-29.298	-100.176	-47.6343	-66.8932	-2.9562
11	COMB1	Combination		0.521	-0.521	222.248	0.4223	0.4223	-5.753E-14
11	COMB2	Combination		0.437	-0.437	212.098	0.3539	0.3539	-5.595E-14

11	COMB3	Combination		0.441	-0.441	203.998	0.3569	0.3569	-5.346E-14
11	COMB4	Combination		0.441	-0.441	203.998	0.3569	0.3569	-5.346E-14
11	COMB5	Combination		-29.192	5.451	17.037	-8.2896	-46.9204	-2.274
11	COMB6	Combination		30.074	-6.333	390.96	9.0035	47.6343	2.274
11	COMB7	Combination		6.333	-30.074	390.96	47.6343	9.0035	-2.274
11	COMB8	Combination		-5.451	29.192	17.037	-46.9204	-8.2896	2.274
11	COMB9	Combination		0.335	-0.335	142.874	0.2715	0.2715	-3.698E-14
11	COMB10	Combination		-29.298	5.557	-44.088	-8.3751	-47.0059	-2.274
11	COMB11	Combination		29.968	-6.227	329.835	8.918	47.5488	2.274
11	COMB12	Combination		6.227	-29.968	329.835	47.5488	8.918	-2.274
11	COMB13	Combination		-5.557	29.298	-44.088	-47.0059	-8.3751	2.274
11	COMB15	Combination		-27.53	-3.333	12.001	5.8081	-44.4119	-2.9562
11	COMB16	Combination		-31.065	14.447	-100.176	-22.5583	-49.5998	-1.5918
11	COMB17	Combination		31.736	-15.117	385.924	23.1012	50.1428	1.5918
11	COMB18	Combination		28.201	2.663	273.747	-5.2652	44.9548	2.9562
11	COMB19	Combination	Max	31.736	29.298	390.96	47.6343	50.1428	2.9562
11	COMB19	Combination	Min	-31.065	-30.074	-100.176	-47.0059	-49.5998	-2.9562
16	COMB1	Combination		-0.521	-0.521	222.248	0.4223	-0.4223	-5.753E-14
16	COMB2	Combination		-0.437	-0.437	212.098	0.3539	-0.3539	-5.595E-14
16	COMB3	Combination		-0.441	-0.441	203.998	0.3569	-0.3569	-5.346E-14
16	COMB4	Combination		-0.441	-0.441	203.998	0.3569	-0.3569	-5.346E-14
16	COMB5	Combination		-30.074	-6.333	390.96	9.0035	-47.6343	-2.274
16	COMB6	Combination		29.192	5.451	17.037	-8.2896	46.9204	2.274
16	COMB7	Combination		5.451	-41.858	390.96	64.9276	8.2899	-2.274
16	COMB8	Combination		-6.333	40.976	17.037	-64.2138	-9.0037	2.274
16	COMB9	Combination		-0.335	-0.335	142.874	0.2715	-0.2715	-3.698E-14
16	COMB10	Combination		-29.968	-6.227	329.835	8.918	-47.5488	-2.274
16	COMB11	Combination		29.298	5.557	-44.088	-8.3751	47.0059	2.274
16	COMB12	Combination		5.557	-41.752	329.835	64.8422	8.3753	-2.274
16	COMB13	Combination		-6.227	41.082	-44.088	-64.2992	-8.9183	2.274
16	COMB15	Combination		-28.201	-18.652	385.924	28.2892	-44.9548	-2.9562
16	COMB16	Combination		-31.736	6.198	273.747	-10.4532	-50.1428	-1.5918
16	COMB17	Combination		31.065	-6.868	12.001	10.9961	49.5999	1.5918
16	COMB18	Combination		27.53	17.982	-100.176	-27.7463	44.4118	2.9562
16	COMB19	Combination	Max	31.065	41.082	390.96	64.9276	49.5999	2.9562
16	COMB19	Combination	Min	-31.736	-41.858	-100.176	-64.2992	-50.1428	-2.9562

Fuente: Propia.

Tabla 102. Resultados de momento y cortante en los elementos.

Frame	Station m	OutputCase	CaseType	StepType	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
1	0	COMB19	Combination	Max	100.176	43.52	41.082	2.9562	64.2992	67.4362
1	1.25	COMB19	Combination	Max	103.484	43.52	41.082	2.9562	12.9935	13.0364
1	2.5	COMB19	Combination	Max	106.791	43.52	41.082	2.9562	39.7167	40.2302
1	0	COMB19	Combination	Min	-390.96	-42.849	-41.858	-2.9562	-64.9276	-66.8933
1	1.25	COMB19	Combination	Min	-386.55	-42.849	-41.858	-2.9562	-12.6519	-13.3315
1	2.5	COMB19	Combination	Min	-382.14	-42.849	-41.858	-2.9562	-38.4052	-41.3634
2	0	COMB19	Combination	Max	47.002	40.692	37.933	3.0915	48.6595	51.9311
2	1.25	COMB19	Combination	Max	50.309	40.692	37.933	3.0915	1.2758	1.2497
2	2.5	COMB19	Combination	Max	53.617	40.692	37.933	3.0915	48.5662	47.7947
2	0	COMB19	Combination	Min	-320.326	-39.157	-39.753	-3.0915	-50.8167	-50.0975
2	1.25	COMB19	Combination	Min	-315.916	-39.157	-39.753	-3.0915	-1.1577	-1.3353
2	2.5	COMB19	Combination	Min	-311.506	-39.157	-39.753	-3.0915	-46.1728	-49.7996
3	0	COMB19	Combination	Max	-10.034	36.193	35.607	2.056	42.8562	44.4473
3	1.25	COMB19	Combination	Max	-6.726	36.193	35.607	2.056	0.6708	1.6785
3	2.5	COMB19	Combination	Max	-3.419	36.193	35.607	2.056	44.929	46.8592
3	0	COMB19	Combination	Min	-246.722	-36.23	-35.407	-2.056	-43.6131	-43.7163
3	1.25	COMB19	Combination	Min	-242.312	-36.23	-35.407	-2.056	-1.6785	-0.7934
3	2.5	COMB19	Combination	Min	-237.902	-36.23	-35.407	-2.056	-46.1874	-46.0341
4	0	COMB19	Combination	Max	-59.172	37.099	27.539	0.9309	29.6743	36.7998
4	1.315	COMB19	Combination	Max	-55.693	37.099	27.539	0.9309	11.9855	6.6854
4	2.63	COMB19	Combination	Max	-52.213	37.099	27.539	0.9309	60.7708	43.3865
4	0	COMB19	Combination	Min	-179.192	-27.91	-37.099	-0.9309	-36.7998	-30.0158
4	1.315	COMB19	Combination	Min	-174.553	-27.91	-37.099	-0.9309	-6.5394	-11.9855
4	2.63	COMB19	Combination	Min	-169.914	-27.91	-37.099	-0.9309	-42.7531	-60.7708
5	0	COMB19	Combination	Max	100.176	42.849	29.298	2.9562	47.0059	66.8932
5	1.25	COMB19	Combination	Max	103.484	42.849	29.298	2.9562	10.4301	13.3316
5	2.5	COMB19	Combination	Max	106.791	42.849	29.298	2.9562	27.5501	41.3633
5	0	COMB19	Combination	Min	-390.96	-43.52	-30.074	-2.9562	-47.6343	-67.4362
5	1.25	COMB19	Combination	Min	-386.55	-43.52	-30.074	-2.9562	-10.0885	-13.0364
5	2.5	COMB19	Combination	Min	-382.14	-43.52	-30.074	-2.9562	-26.2386	-40.2301
6	0	COMB19	Combination	Max	47.002	39.157	29.772	3.0915	39.0719	50.0978
6	1.25	COMB19	Combination	Max	50.309	39.157	29.772	3.0915	1.8899	1.3356
6	2.5	COMB19	Combination	Max	53.617	39.157	29.772	3.0915	37.7506	49.8005
6	0	COMB19	Combination	Min	-320.326	-40.693	-31.592	-3.0915	-41.2292	-51.9315
6	1.25	COMB19	Combination	Min	-315.916	-40.693	-31.592	-3.0915	-1.7718	-1.25
6	2.5	COMB19	Combination	Min	-311.506	-40.693	-31.592	-3.0915	-35.3572	-47.7956
7	0	COMB19	Combination	Max	-10.034	36.227	30.376	2.056	37.1287	43.7144
7	1.25	COMB19	Combination	Max	-6.726	36.227	30.376	2.056	0.0941	0.7916
7	2.5	COMB19	Combination	Max	-3.419	36.227	30.376	2.056	37.5799	46.0286
7	0	COMB19	Combination	Min	-246.722	-36.19	-30.176	-2.056	-37.8856	-44.4455

7	1.25	COMB19	Combination	Min	-242.312	-36.19	-30.176	-2.056	-1.027	-1.6785
7	2.5	COMB19	Combination	Min	-237.902	-36.19	-30.176	-2.056	-38.8383	-46.8537
8	0	COMB19	Combination	Max	-59.172	27.926	25.013	0.9309	27.361	30.0269
8	1.315	COMB19	Combination	Max	-55.693	27.926	25.013	0.9309	10.9772	11.9855
8	2.63	COMB19	Combination	Max	-52.213	27.926	25.013	0.9309	56.4409	60.7708
8	0	COMB19	Combination	Min	-179.192	-37.099	-34.573	-0.9309	-34.4865	-36.7998
8	1.315	COMB19	Combination	Min	-174.553	-37.099	-34.573	-0.9309	-5.5311	-6.6959
8	2.63	COMB19	Combination	Min	-169.914	-37.099	-34.573	-0.9309	-38.4232	-43.4186
9	0	COMB19	Combination	Max	100.176	31.065	30.074	2.9562	47.6343	49.5998
9	1.25	COMB19	Combination	Max	103.484	31.065	30.074	2.9562	10.0885	10.7682
9	2.5	COMB19	Combination	Max	106.791	31.065	30.074	2.9562	26.2386	29.1967
9	0	COMB19	Combination	Min	-390.96	-31.736	-29.298	-2.9562	-47.0059	-50.1428
9	1.25	COMB19	Combination	Min	-386.55	-31.736	-29.298	-2.9562	-10.4301	-10.473
9	2.5	COMB19	Combination	Min	-382.14	-31.736	-29.298	-2.9562	-27.5501	-28.0635
10	0	COMB19	Combination	Max	47.002	30.996	31.592	3.0915	41.2292	40.5102
10	1.25	COMB19	Combination	Max	50.309	30.996	31.592	3.0915	1.7718	1.9496
10	2.5	COMB19	Combination	Max	53.617	30.996	31.592	3.0915	35.3572	38.9849
10	0	COMB19	Combination	Min	-320.326	-32.532	-29.772	-3.0915	-39.0719	-42.3439
10	1.25	COMB19	Combination	Min	-315.916	-32.532	-29.772	-3.0915	-1.8899	-1.864
10	2.5	COMB19	Combination	Min	-311.506	-32.532	-29.772	-3.0915	-37.7506	-36.98
11	0	COMB19	Combination	Max	-10.034	30.997	30.176	2.056	37.8856	37.9869
11	1.25	COMB19	Combination	Max	-6.726	30.997	30.176	2.056	1.021	0.0133
11	2.5	COMB19	Combination	Max	-3.419	30.997	30.176	2.056	38.8383	38.6795
11	0	COMB19	Combination	Min	-246.722	-30.959	-30.376	-2.056	-37.1287	-38.718
11	1.25	COMB19	Combination	Min	-242.312	-30.959	-30.376	-2.056	-0.0881	-1.021
11	2.5	COMB19	Combination	Min	-237.902	-30.959	-30.376	-2.056	-37.5799	-39.5046
12	0	COMB19	Combination	Max	-59.172	25.4	34.573	0.9309	34.4865	27.7135
12	1.315	COMB19	Combination	Max	-55.693	25.4	34.573	0.9309	5.5311	10.9772
12	2.63	COMB19	Combination	Max	-52.213	25.4	34.573	0.9309	38.4232	56.4409
12	0	COMB19	Combination	Min	-179.192	-34.573	-25.013	-0.9309	-27.361	-34.4865
12	1.315	COMB19	Combination	Min	-174.553	-34.573	-25.013	-0.9309	-10.9772	-5.6876
12	2.63	COMB19	Combination	Min	-169.914	-34.573	-25.013	-0.9309	-56.4409	-39.0888
13	0	COMB19	Combination	Max	100.176	31.736	41.858	2.9562	64.9276	50.1428
13	1.25	COMB19	Combination	Max	103.484	31.736	41.858	2.9562	12.6519	10.473
13	2.5	COMB19	Combination	Max	106.791	31.736	41.858	2.9562	38.4052	28.0637
13	0	COMB19	Combination	Min	-390.96	-31.065	-41.082	-2.9562	-64.2992	-49.5999
13	1.25	COMB19	Combination	Min	-386.55	-31.065	-41.082	-2.9562	-12.9935	-10.7681
13	2.5	COMB19	Combination	Min	-382.14	-31.065	-41.082	-2.9562	-39.7167	-29.1969
14	0	COMB19	Combination	Max	47.002	32.531	39.753	3.0915	50.8167	42.3436
14	1.25	COMB19	Combination	Max	50.309	32.531	39.753	3.0915	1.1577	1.8637
14	2.5	COMB19	Combination	Max	53.617	32.531	39.753	3.0915	46.1728	36.979
14	0	COMB19	Combination	Min	-320.326	-30.996	-37.933	-3.0915	-48.6595	-40.5099
14	1.25	COMB19	Combination	Min	-315.916	-30.996	-37.933	-3.0915	-1.2758	-1.9493

14	2.5	COMB19	Combination	Min	-311.506	-30.996	-37.933	-3.0915	-48.5662	-38.984
15	0	COMB19	Combination	Max	-10.034	30.962	35.407	2.056	43.6131	38.7199
15	1.25	COMB19	Combination	Max	-6.726	30.962	35.407	2.056	1.6785	1.027
15	2.5	COMB19	Combination	Max	-3.419	30.962	35.407	2.056	46.1874	39.5101
15	0	COMB19	Combination	Min	-246.722	-31	-35.607	-2.056	-42.8562	-37.9888
15	1.25	COMB19	Combination	Min	-242.312	-31	-35.607	-2.056	-0.6708	-0.0194
15	2.5	COMB19	Combination	Min	-237.902	-31	-35.607	-2.056	-44.929	-38.685
16	0	COMB19	Combination	Max	-59.172	34.573	37.099	0.9309	36.7998	34.4865
16	1.315	COMB19	Combination	Max	-55.693	34.573	37.099	0.9309	6.5394	5.6771
16	2.63	COMB19	Combination	Max	-52.213	34.573	37.099	0.9309	42.7531	39.0567
16	0	COMB19	Combination	Min	-179.192	-25.384	-27.539	-0.9309	-29.6743	-27.7025
16	1.315	COMB19	Combination	Min	-174.553	-25.384	-27.539	-0.9309	-11.9855	-10.9772
16	2.63	COMB19	Combination	Min	-169.914	-25.384	-27.539	-0.9309	-60.7708	-56.4409
17	0	COMB19	Combination	Max	0	41.54	3.819E-15	1.5085	0	66.4709
17	0.5	COMB19	Combination	Max	0	42.795	3.819E-15	1.5085	1.91E-15	45.4079
17	1	COMB19	Combination	Max	0	44.049	3.819E-15	1.5085	3.819E-15	24.0106
17	1.5	COMB19	Combination	Max	0	45.303	3.819E-15	1.5085	5.729E-15	2.0821
17	2	COMB19	Combination	Max	0	46.975	3.819E-15	1.5085	7.638E-15	24.0106
17	2.5	COMB19	Combination	Max	0	48.647	3.819E-15	1.5085	9.548E-15	45.4079
17	3	COMB19	Combination	Max	0	50.32	3.819E-15	1.5085	1.146E-14	66.4709
17	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.32	-3.819E-15	-1.5085	0	-69.9396
17	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-48.647	-3.819E-15	-1.5085	-1.91E-15	-45.2186
17	1	COMB19	Combination	Min	0	-46.975	-3.819E-15	-1.5085	-3.819E-15	-21.6265
17	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-45.303	-3.819E-15	-1.5085	-5.729E-15	1.3383
17	2	COMB19	Combination	Min	0	-44.049	-3.819E-15	-1.5085	-7.638E-15	-21.6265
17	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-42.795	-3.819E-15	-1.5085	-9.548E-15	-45.2186
17	3	COMB19	Combination	Min	0	-41.54	-3.819E-15	-1.5085	-1.146E-14	-69.9396
18	0	COMB19	Combination	Max	0	54.496	3.819E-15	1.5084	0	85.9043
18	0.5	COMB19	Combination	Max	0	55.75	3.819E-15	1.5084	1.91E-15	58.3635
18	1	COMB19	Combination	Max	0	57.004	3.819E-15	1.5084	3.819E-15	30.4884
18	1.5	COMB19	Combination	Max	0	58.258	3.819E-15	1.5084	5.729E-15	2.0821
18	2	COMB19	Combination	Max	0	59.931	3.819E-15	1.5084	7.638E-15	30.4884
18	2.5	COMB19	Combination	Max	0	61.603	3.819E-15	1.5084	9.548E-15	58.3635
18	3	COMB19	Combination	Max	0	63.275	3.819E-15	1.5084	1.146E-14	85.9043
18	0	COMB19	Combination	Min	0	-63.275	-3.819E-15	-1.5084	0	-89.3731
18	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-61.603	-3.819E-15	-1.5084	-1.91E-15	-58.1742
18	1	COMB19	Combination	Min	0	-59.931	-3.819E-15	-1.5084	-3.819E-15	-28.1043
18	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-58.258	-3.819E-15	-1.5084	-5.729E-15	1.3383
18	2	COMB19	Combination	Min	0	-57.004	-3.819E-15	-1.5084	-7.638E-15	-28.1043
18	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-55.75	-3.819E-15	-1.5084	-9.548E-15	-58.1742
18	3	COMB19	Combination	Min	0	-54.496	-3.819E-15	-1.5084	-1.146E-14	-89.3731
19	0	COMB19	Combination	Max	0	56.439	0	1.5084	4.441E-16	88.8194
19	0.5	COMB19	Combination	Max	0	57.693	0	1.5084	4.441E-16	60.2862

19	1	COMB19	Combination	Max	0	58.948	0	1.5084	4.441E-16	31.1259
19	1.5	COMB19	Combination	Max	0	60.202	0	1.5084	4.441E-16	2.0821
19	2	COMB19	Combination	Max	0	61.456	0	1.5084	4.441E-16	31.1258
19	2.5	COMB19	Combination	Max	0	62.71	0	1.5084	4.441E-16	60.2861
19	3	COMB19	Combination	Max	0	63.964	0	1.5084	4.441E-16	88.8192
19	0	COMB19	Combination	Min	0	-63.964	0	-1.5084	-4.441E-16	-91.7863
19	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-62.71	0	-1.5084	-4.441E-16	-60.1176
19	1	COMB19	Combination	Min	0	-61.456	0	-1.5084	-4.441E-16	-29.076
19	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-60.202	0	-1.5084	-4.441E-16	1.3383
19	2	COMB19	Combination	Min	0	-58.948	0	-1.5084	-4.441E-16	-29.0759
19	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-57.693	0	-1.5084	-4.441E-16	-60.1175
19	3	COMB19	Combination	Min	0	-56.439	0	-1.5084	-4.441E-16	-91.7861
20	0	COMB19	Combination	Max	0	43.484	0	1.5085	4.441E-16	69.386
20	0.5	COMB19	Combination	Max	0	44.738	0	1.5085	4.441E-16	47.3306
20	1	COMB19	Combination	Max	0	45.992	0	1.5085	4.441E-16	24.6481
20	1.5	COMB19	Combination	Max	0	47.246	0	1.5085	4.441E-16	2.0821
20	2	COMB19	Combination	Max	0	48.5	0	1.5085	4.441E-16	24.648
20	2.5	COMB19	Combination	Max	0	49.755	0	1.5085	4.441E-16	47.3305
20	3	COMB19	Combination	Max	0	51.009	0	1.5085	4.441E-16	69.3858
20	0	COMB19	Combination	Min	0	-51.009	0	-1.5085	-4.441E-16	-72.3528
20	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-49.755	0	-1.5085	-4.441E-16	-47.162
20	1	COMB19	Combination	Min	0	-48.5	0	-1.5085	-4.441E-16	-22.5982
20	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-47.246	0	-1.5085	-4.441E-16	1.3383
20	2	COMB19	Combination	Min	0	-45.992	0	-1.5085	-4.441E-16	-22.5981
20	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-44.738	0	-1.5085	-4.441E-16	-47.1619
20	3	COMB19	Combination	Min	0	-43.484	0	-1.5085	-4.441E-16	-72.3527
21	0	COMB19	Combination	Max	0	46.062	0	1.147	1.776E-15	73.3683
21	0.5	COMB19	Combination	Max	0	47.316	0	1.147	1.776E-15	50.1322
21	1	COMB19	Combination	Max	0	48.57	0	1.147	1.776E-15	26.4743
21	1.5	COMB19	Combination	Max	0	49.824	0	1.147	1.776E-15	2.2617
21	2	COMB19	Combination	Max	0	51.496	0	1.147	1.776E-15	26.4743
21	2.5	COMB19	Combination	Max	0	53.169	0	1.147	1.776E-15	50.1322
21	3	COMB19	Combination	Max	0	54.841	0	1.147	1.776E-15	73.3683
21	0	COMB19	Combination	Min	0	-54.841	0	-1.147	-1.776E-15	-76.5186
21	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-53.169	0	-1.147	-1.776E-15	-49.6245
21	1	COMB19	Combination	Min	0	-51.496	0	-1.147	-1.776E-15	-23.7717
21	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-49.824	0	-1.147	-1.776E-15	1.4528
21	2	COMB19	Combination	Min	0	-48.57	0	-1.147	-1.776E-15	-23.7717
21	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-47.316	0	-1.147	-1.776E-15	-49.6245
21	3	COMB19	Combination	Min	0	-46.062	0	-1.147	-1.776E-15	-76.5186
22	0	COMB19	Combination	Max	0	55.914	0	1.1472	1.776E-15	88.1466
22	0.5	COMB19	Combination	Max	0	57.168	0	1.1472	1.776E-15	59.9844
22	1	COMB19	Combination	Max	0	58.422	0	1.1472	1.776E-15	31.4004

22	1.5	COMB19	Combination	Max	0	59.676	0	1.1472	1.776E-15	2.2617
22	2	COMB19	Combination	Max	0	61.349	0	1.1472	1.776E-15	31.4004
22	2.5	COMB19	Combination	Max	0	63.021	0	1.1472	1.776E-15	59.9844
22	3	COMB19	Combination	Max	0	64.693	0	1.1472	1.776E-15	88.1466
22	0	COMB19	Combination	Min	0	-64.693	0	-1.1472	-1.776E-15	-91.297
22	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-63.021	0	-1.1472	-1.776E-15	-59.4767
22	1	COMB19	Combination	Min	0	-61.349	0	-1.1472	-1.776E-15	-28.6978
22	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-59.676	0	-1.1472	-1.776E-15	1.4528
22	2	COMB19	Combination	Min	0	-58.422	0	-1.1472	-1.776E-15	-28.6978
22	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-57.168	0	-1.1472	-1.776E-15	-59.4767
22	3	COMB19	Combination	Min	0	-55.914	0	-1.1472	-1.776E-15	-91.297
23	0	COMB19	Combination	Max	0	57.392	0	1.1475	8.882E-16	90.363
23	0.5	COMB19	Combination	Max	0	58.646	0	1.1475	8.882E-16	61.3536
23	1	COMB19	Combination	Max	0	59.9	0	1.1475	8.882E-16	31.7171
23	1.5	COMB19	Combination	Max	0	61.154	0	1.1475	8.882E-16	2.2617
23	2	COMB19	Combination	Max	0	62.408	0	1.1475	8.882E-16	31.7178
23	2.5	COMB19	Combination	Max	0	63.663	0	1.1475	8.882E-16	61.3543
23	3	COMB19	Combination	Max	0	64.917	0	1.1475	8.882E-16	90.3637
23	0	COMB19	Combination	Min	0	-64.917	0	-1.1475	-8.882E-16	-93.099
23	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-63.663	0	-1.1475	-8.882E-16	-60.9542
23	1	COMB19	Combination	Min	0	-62.408	0	-1.1475	-8.882E-16	-29.4364
23	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-61.154	0	-1.1475	-8.882E-16	1.4528
23	2	COMB19	Combination	Min	0	-59.9	0	-1.1475	-8.882E-16	-29.4371
23	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-58.646	0	-1.1475	-8.882E-16	-60.9549
23	3	COMB19	Combination	Min	0	-57.392	0	-1.1475	-8.882E-16	-93.0997
24	0	COMB19	Combination	Max	0	47.539	0	1.1467	8.882E-16	75.5847
24	0.5	COMB19	Combination	Max	0	48.794	0	1.1467	8.882E-16	51.5014
24	1	COMB19	Combination	Max	0	50.048	0	1.1467	8.882E-16	26.791
24	1.5	COMB19	Combination	Max	0	51.302	0	1.1467	8.882E-16	2.2617
24	2	COMB19	Combination	Max	0	52.556	0	1.1467	8.882E-16	26.7917
24	2.5	COMB19	Combination	Max	0	53.81	0	1.1467	8.882E-16	51.5021
24	3	COMB19	Combination	Max	0	55.065	0	1.1467	8.882E-16	75.5854
24	0	COMB19	Combination	Min	0	-55.065	0	-1.1467	-8.882E-16	-78.3207
24	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-53.81	0	-1.1467	-8.882E-16	-51.102
24	1	COMB19	Combination	Min	0	-52.556	0	-1.1467	-8.882E-16	-24.5103
24	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-51.302	0	-1.1467	-8.882E-16	1.4528
24	2	COMB19	Combination	Min	0	-50.048	0	-1.1467	-8.882E-16	-24.511
24	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-48.794	0	-1.1467	-8.882E-16	-51.1027
24	3	COMB19	Combination	Min	0	-47.539	0	-1.1467	-8.882E-16	-78.3214
25	0	COMB19	Combination	Max	0	42.036	8.882E-16	0.6707	0	66.2814
25	0.5	COMB19	Combination	Max	0	43.29	8.882E-16	0.6707	4.441E-16	44.9497
25	1	COMB19	Combination	Max	0	44.545	8.882E-16	0.6707	8.882E-16	22.9909
25	1.5	COMB19	Combination	Max	0	45.799	8.882E-16	0.6707	1.332E-15	0.6301

25	2	COMB19	Combination	Max	0	47.471	8.882E-16	0.6707	1.776E-15	22.9909
25	2.5	COMB19	Combination	Max	0	49.143	8.882E-16	0.6707	2.22E-15	44.9497
25	3	COMB19	Combination	Max	0	50.816	8.882E-16	0.6707	2.665E-15	66.2814
25	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.816	-8.882E-16	-0.6707	0	-72.1484
25	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-49.143	-8.882E-16	-0.6707	-4.441E-16	-47.1587
25	1	COMB19	Combination	Min	0	-47.471	-8.882E-16	-0.6707	-8.882E-16	-23.0051
25	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-45.799	-8.882E-16	-0.6707	-1.332E-15	0.1758
25	2	COMB19	Combination	Min	0	-44.545	-8.882E-16	-0.6707	-1.776E-15	-23.0051
25	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-43.29	-8.882E-16	-0.6707	-2.22E-15	-47.1587
25	3	COMB19	Combination	Min	0	-42.036	-8.882E-16	-0.6707	-2.665E-15	-72.1484
26	0	COMB19	Combination	Max	0	47.791	8.882E-16	0.6693	0	74.913
26	0.5	COMB19	Combination	Max	0	49.045	8.882E-16	0.6693	4.441E-16	50.7041
26	1	COMB19	Combination	Max	0	50.299	8.882E-16	0.6693	8.882E-16	25.8681
26	1.5	COMB19	Combination	Max	0	51.553	8.882E-16	0.6693	1.332E-15	0.6301
26	2	COMB19	Combination	Max	0	53.226	8.882E-16	0.6693	1.776E-15	25.8681
26	2.5	COMB19	Combination	Max	0	54.898	8.882E-16	0.6693	2.22E-15	50.7041
26	3	COMB19	Combination	Max	0	56.57	8.882E-16	0.6693	2.665E-15	74.913
26	0	COMB19	Combination	Min	0	-56.57	-8.882E-16	-0.6693	0	-80.7801
26	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-54.898	-8.882E-16	-0.6693	-4.441E-16	-52.9131
26	1	COMB19	Combination	Min	0	-53.226	-8.882E-16	-0.6693	-8.882E-16	-25.8823
26	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-51.553	-8.882E-16	-0.6693	-1.332E-15	0.1758
26	2	COMB19	Combination	Min	0	-50.299	-8.882E-16	-0.6693	-1.776E-15	-25.8823
26	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-49.045	-8.882E-16	-0.6693	-2.22E-15	-52.9131
26	3	COMB19	Combination	Min	0	-47.791	-8.882E-16	-0.6693	-2.665E-15	-80.7801
27	0	COMB19	Combination	Max	0	48.654	1.421E-14	0.6677	2.842E-14	76.2099
27	0.5	COMB19	Combination	Max	0	49.908	1.421E-14	0.6677	2.132E-14	51.5694
27	1	COMB19	Combination	Max	0	51.162	1.421E-14	0.6677	1.421E-14	26.3018
27	1.5	COMB19	Combination	Max	0	52.416	1.421E-14	0.6677	7.105E-15	0.6301
27	2	COMB19	Combination	Max	0	53.671	1.421E-14	0.6677	0	26.2976
27	2.5	COMB19	Combination	Max	0	54.925	1.421E-14	0.6677	7.105E-15	51.5652
27	3	COMB19	Combination	Max	0	56.57	1.421E-14	0.6677	1.421E-14	76.2057
27	0	COMB19	Combination	Min	0	-56.57	-1.421E-14	-0.6677	-2.842E-14	-81.0436
27	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-54.925	-1.421E-14	-0.6677	-2.132E-14	-53.2677
27	1	COMB19	Combination	Min	0	-53.671	-1.421E-14	-0.6677	-1.421E-14	-26.1188
27	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-52.416	-1.421E-14	-0.6677	-7.105E-15	0.1758
27	2	COMB19	Combination	Min	0	-51.162	-1.421E-14	-0.6677	0	-26.1146
27	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-49.908	-1.421E-14	-0.6677	-7.105E-15	-53.2635
27	3	COMB19	Combination	Min	0	-48.654	-1.421E-14	-0.6677	-1.421E-14	-81.0394
28	0	COMB19	Combination	Max	0	42.899	1.421E-14	0.6723	2.842E-14	67.5782
28	0.5	COMB19	Combination	Max	0	44.154	1.421E-14	0.6723	2.132E-14	45.815
28	1	COMB19	Combination	Max	0	45.408	1.421E-14	0.6723	1.421E-14	23.4246
28	1.5	COMB19	Combination	Max	0	46.662	1.421E-14	0.6723	7.105E-15	0.6301
28	2	COMB19	Combination	Max	0	47.916	1.421E-14	0.6723	0	23.4204

28	2.5	COMB19	Combination	Max	0	49.17	1.421E-14	0.6723	7.105E-15	45.8108
28	3	COMB19	Combination	Max	0	50.816	1.421E-14	0.6723	1.421E-14	67.574
28	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.816	-1.421E-14	-0.6723	-2.842E-14	-72.412
28	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-49.17	-1.421E-14	-0.6723	-2.132E-14	-47.5132
28	1	COMB19	Combination	Min	0	-47.916	-1.421E-14	-0.6723	-1.421E-14	-23.2416
28	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-46.662	-1.421E-14	-0.6723	-7.105E-15	0.1758
28	2	COMB19	Combination	Min	0	-45.408	-1.421E-14	-0.6723	0	-23.2374
28	2.5	COMB19	Combination	Min	0	-44.154	-1.421E-14	-0.6723	-7.105E-15	-47.509
28	3	COMB19	Combination	Min	0	-42.899	-1.421E-14	-0.6723	-1.421E-14	-72.4078
29	0	COMB19	Combination	Max	0	-26.819	0	0.0495	2.842E-14	-9.136
29	0.5	COMB19	Combination	Max	0	-22.615	0	0.0495	2.842E-14	3.5782
29	1	COMB19	Combination	Max	0	-12.595	0	0.0495	2.842E-14	18.6782
29	1.5	COMB19	Combination	Max	0	3.242	0	0.0495	2.842E-14	25.7826
29	2	COMB19	Combination	Max	0	28.107	0	0.0495	2.842E-14	18.6782
29	2.5	COMB19	Combination	Max	0	44.076	0	0.0495	2.842E-14	3.5782
29	3	COMB19	Combination	Max	0	50.881	0	0.0495	2.842E-14	-9.136
29	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.882	0	-0.0495	-2.842E-14	-26.7391
29	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-44.076	0	-0.0495	-2.842E-14	-3.0189
29	1	COMB19	Combination	Min	0	-28.107	0	-0.0495	-2.842E-14	9.2678
29	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-3.242	0	-0.0495	-2.842E-14	15.0565
29	2	COMB19	Combination	Min	0	12.595	0	-0.0495	-2.842E-14	9.2678
29	2.5	COMB19	Combination	Min	0	22.615	0	-0.0495	-2.842E-14	-3.0189
29	3	COMB19	Combination	Min	0	26.819	0	-0.0495	-2.842E-14	-26.7391
30	0	COMB19	Combination	Max	0	-26.503	0	0.0598	2.842E-14	-8.6621
30	0.5	COMB19	Combination	Max	0	-22.299	0	0.0598	2.842E-14	3.8941
30	1	COMB19	Combination	Max	0	-12.279	0	0.0598	2.842E-14	18.8362
30	1.5	COMB19	Combination	Max	0	3.558	0	0.0598	2.842E-14	25.7826
30	2	COMB19	Combination	Max	0	28.423	0	0.0598	2.842E-14	18.8362
30	2.5	COMB19	Combination	Max	0	44.076	0	0.0598	2.842E-14	3.8941
30	3	COMB19	Combination	Max	0	50.882	0	0.0598	2.842E-14	-8.6621
30	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.882	0	-0.0598	-2.842E-14	-27.213
30	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-44.076	0	-0.0598	-2.842E-14	-3.3348
30	1	COMB19	Combination	Min	0	-28.423	0	-0.0598	-2.842E-14	9.1098
30	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-3.558	0	-0.0598	-2.842E-14	15.0565
30	2	COMB19	Combination	Min	0	12.279	0	-0.0598	-2.842E-14	9.1098
30	2.5	COMB19	Combination	Min	0	22.299	0	-0.0598	-2.842E-14	-3.3348
30	3	COMB19	Combination	Min	0	26.503	0	-0.0598	-2.842E-14	-27.213
31	0	COMB19	Combination	Max	0	-26.456	2.842E-14	0.0717	5.684E-14	-8.6012
31	0.5	COMB19	Combination	Max	0	-22.252	2.842E-14	0.0717	4.263E-14	3.8941
31	1	COMB19	Combination	Max	0	-12.231	2.842E-14	0.0717	2.842E-14	18.8362
31	1.5	COMB19	Combination	Max	0	3.605	2.842E-14	0.0717	1.421E-14	25.7826
31	2	COMB19	Combination	Max	0	28.423	2.842E-14	0.0717	3.553E-15	18.8362
31	2.5	COMB19	Combination	Max	0	44.076	2.842E-14	0.0717	1.421E-14	3.8941

31	3	COMB19	Combination	Max	0	50.882	2.842E-14	0.0717	2.842E-14	-8.5809
31	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.882	-2.842E-14	-0.0717	-5.684E-14	-27.213
31	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-44.076	-2.842E-14	-0.0717	-4.263E-14	-3.3721
31	1	COMB19	Combination	Min	0	-28.423	-2.842E-14	-0.0717	-2.842E-14	9.0963
31	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-3.605	-2.842E-14	-0.0717	-1.421E-14	15.0565
31	2	COMB19	Combination	Min	0	12.231	-2.842E-14	-0.0717	-3.553E-15	9.076
31	2.5	COMB19	Combination	Min	0	22.252	-2.842E-14	-0.0717	-1.421E-14	-3.3923
31	3	COMB19	Combination	Min	0	26.456	-2.842E-14	-0.0717	-2.842E-14	-27.213
32	0	COMB19	Combination	Max	0	-26.772	2.842E-14	0.042	5.684E-14	-9.0751
32	0.5	COMB19	Combination	Max	0	-22.568	2.842E-14	0.042	4.263E-14	3.5782
32	1	COMB19	Combination	Max	0	-12.547	2.842E-14	0.042	2.842E-14	18.6782
32	1.5	COMB19	Combination	Max	0	3.289	2.842E-14	0.042	1.421E-14	25.7826
32	2	COMB19	Combination	Max	0	28.107	2.842E-14	0.042	3.553E-15	18.6782
32	2.5	COMB19	Combination	Max	0	44.076	2.842E-14	0.042	1.421E-14	3.5782
32	3	COMB19	Combination	Max	0	50.881	2.842E-14	0.042	2.842E-14	-9.0548
32	0	COMB19	Combination	Min	0	-50.882	-2.842E-14	-0.042	-5.684E-14	-26.7391
32	0.5	COMB19	Combination	Min	0	-44.076	-2.842E-14	-0.042	-4.263E-14	-3.0562
32	1	COMB19	Combination	Min	0	-28.107	-2.842E-14	-0.042	-2.842E-14	9.2542
32	1.5	COMB19	Combination	Min	0	-3.289	-2.842E-14	-0.042	-1.421E-14	15.0565
32	2	COMB19	Combination	Min	0	12.547	-2.842E-14	-0.042	-3.553E-15	9.234
32	2.5	COMB19	Combination	Min	0	22.568	-2.842E-14	-0.042	-1.421E-14	-3.0764
32	3	COMB19	Combination	Min	0	26.772	-2.842E-14	-0.042	-2.842E-14	-26.7391

Fuente: Propia.

**Anexo B. Planos constructivos y de Detalles.**

Para ver el anexo B del presente documento dirijase a la carpeta de anexo B.

**Anexo C. Exploración del subsuelo.**

Villavicencio, 13 de Julio de 2017

Señor(a):

**OSCAR PATIÑO**

Ciudad.

**PROYECTO:** PREDIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ELEVADO PARA LA FINCA UCC, FINCA LA VITRINA, VEREDA LA LLANERITA EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO EN EL DEPARTAMENTO DEL META.

**CONTENIDO:** ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Cordial saludo.

Con la presente estamos asociando el Estudio de Suelos indicado en el proyecto, que contiene la siguiente información:

Una descripción de la metodología en donde aparece la recopilación de información existente, localización del proyecto, metodología de los trabajos de campo y de laboratorio junto con sus resultados, así mismo se recomienda una cimentación y posibles dimensiones, profundidad de cimentación cálculo de capacidad de soporte y asentamientos. En el último capítulo aparecen las recomendaciones finales.

Con los valores obtenidos a partir de las pruebas de Laboratorio, se informa del perfil del suelo, algunas propiedades físico-mecánicas y el valor de la capacidad portante y asentamientos futuros. El informe presenta los resultados y sugerencias para el tipo y dimensiones de cimentación.

Estamos a su disposición para aclarar cualquier duda,

Atentamente



**HÉCTOR FABIO ARANDA LÓPEZ**  
Ingeniero Civil  
M.P. 25202-157072 CND

## 1.0 INTRODUCCIÓN

*El presente informe hace referencia a los estudios geotécnicos del subsuelo y las respectivas recomendaciones.*

*Con el propósito de obtener información se realizaron ensayos de campo y pruebas de laboratorio de las muestras para determinar sus características geotécnicas que nos brinde un soporte para el evaluó del proyecto desde el punto de vista técnico, constructivo y económico que sea efectivo para la elaboración del cálculo estructural y posterior desarrollo de la obra.*

*Los métodos, pasos y lineamientos a utilizar en campo y en laboratorio están de acuerdo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR -10 y las normas NTC e INVIAS 2007.*

## 2.0 EI PROYECTO

### 2.1 OBJETIVOS

*El objetivo del estudio es realizar una serie de investigaciones de campo a los efectos de la definición del tipo de cimentación más adecuado para la obra a construirse.*

*Teniendo en cuenta las características físico-mecánicas del suelo encontrado indicando la profundidad del nivel freático para el análisis geotécnico y así mismo dimensionar la profundidad de cimentación y sus esfuerzos admisibles.*

- *Los sondeos indicados se realizaron con los siguientes objetivos fundamentales:*
- *Verificar la localización espacial de los tipos de suelos identificados.*
- *Determinar la variación en profundidad y los espesores de los tipos de suelos definidos.*
- *Obtener muestras alteradas e inalteradas en cada una de las perforaciones realizadas, para determinar las características generales y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.*
- *Determinar la localización y características generales del nivel freático (si existe).*

## 3.0 SONDEOS Y ENSAYOS EN CAMPO

*Siguiendo las recomendaciones del cliente y en base a la NSR-10, se programaron 1.0 sondeo a una profundidad de 6.0 metros. Las perforaciones se realizaron empleando equipo manual S.P.T.*

*Este método describe el procedimiento generalmente para penetrar un muestreador de tubo partido con el fin de obtener una muestra representativa del suelo y una medida de la resistencia de dicho suelo, a una penetración del muestreador.*

### 3.1 MUESTREO

*Se realizaron ensayos in situ y se tomaron muestras alteradas (en bolsa). En términos generales, las muestras se tomaron a profundidades aleatorias teniendo en cuenta la posibilidad de obtener muestras representativas con*

diversas características, tales como: presencia de estratos de suelos representativos, consistencia, humedad y dureza de algunas capas, entre otros.

### **3.2 ENSAYO SPT**

Según lo establecido por el método estandarizado desde 1958 con la norma ASTM D-1586 y ajustado a una gran cantidad de revisiones se informa lo siguiente:

El procedimiento consiste en hincar una toma muestras dentro del fondo de la perforación mediante la energía proporcionada por un martillo de 140° lbs. De peso que cae una altura de 76 cm, se realiza un hincado del muestreador registrando la cantidad de golpes necesaria para penetrar 15 cm tomando 3 lecturas es decir la penetración es de 45cm.

La norma determina que cuando se aplican más de 50 o hasta 100 golpes para un intervalo el suelo presenta un fenómeno conocido como rechazo el cual deberá reportarse en el registro de la perforación y esta se dará por concluida.

### **3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO**

Las muestras obtenidas en la exploración de campo fueron llevadas al laboratorio donde se le realizaron los diferentes ensayos de:

- Análisis granulométrico
- Lavado sobre tamiz No 200
- Humedad natural
- Límites Atterberg
- Determinación de la Gravedad Específica
- Propiedades Gravimétricas
- Clasificación (USCS)

Para la caracterización geotécnica, estableciendo las propiedades de resistencia y compresibilidad del terreno; determinadas mediante cálculos correspondientes a ensayo de penetración estándar, asentamiento, capacidad de carga última y admisible, y módulo de reacción del suelo. Que proporcionan parámetros necesarios para el diseño de la obra.

### 3.4 PROPIEDADES DE LOS SUELOS

Material	Compacidad	Dr (%)	N Spt	Densidad seca yd (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de poros	Ang. De fricción interna
GW: Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	90	2.210	0.22	40
	Medianamente Densa	50	55	2.080	0.28	36
	Suelta	25	< 28	1.970	0.36	32
GP: Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	70	2.040	0.33	38
	Medianamente Densa	50	50	1.920	0.39	35
	Suelta	25	< 20	1.830	0.47	32
SW: Arenas bien gradadas, arenas con grava	Densa	75	65	1.890	0.43	37
	Medianamente Densa	50	35	1.790	0.49	34
	Suelta	25	< 15	1.700	0.57	30
SP: Arenas mal gradadas, arenas con grava	Densa	75	50	1.760	0.52	36
	Medianamente Densa	50	30	1.670	0.60	33
	Suelta	25	< 10	1.590	0.65	29
SM: Arenas limosas	Densa	75	45	1.650	0.62	35
	Medianamente Densa	50	25	1.550	0.74	32
	Suelta	25	< 8	1.490	0.80	29
ML: Limos inorgánicos arenas muy finas	Densa	75	35	1.490	0.80	33
	Medianamente Densa	50	20	1.410	0.90	31
	Suelta	25	< 4	1.350	1.00	27

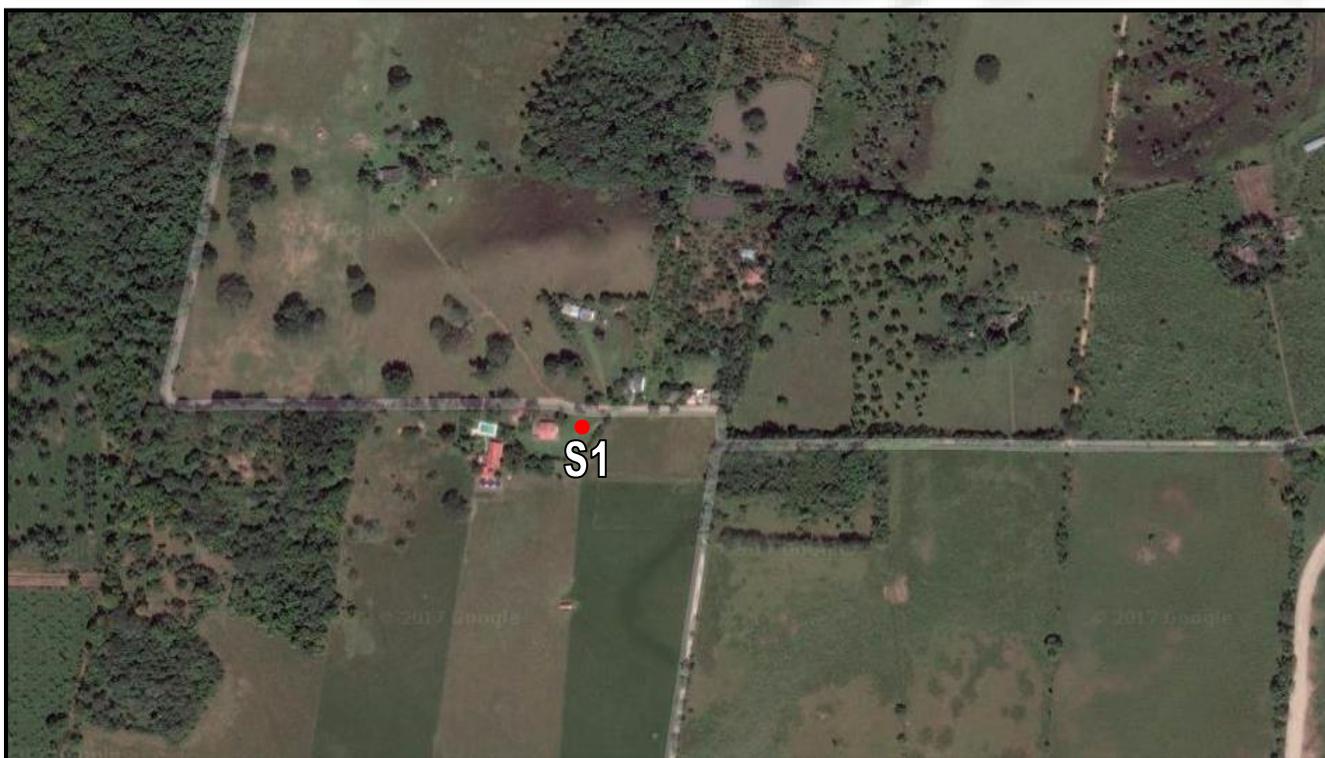
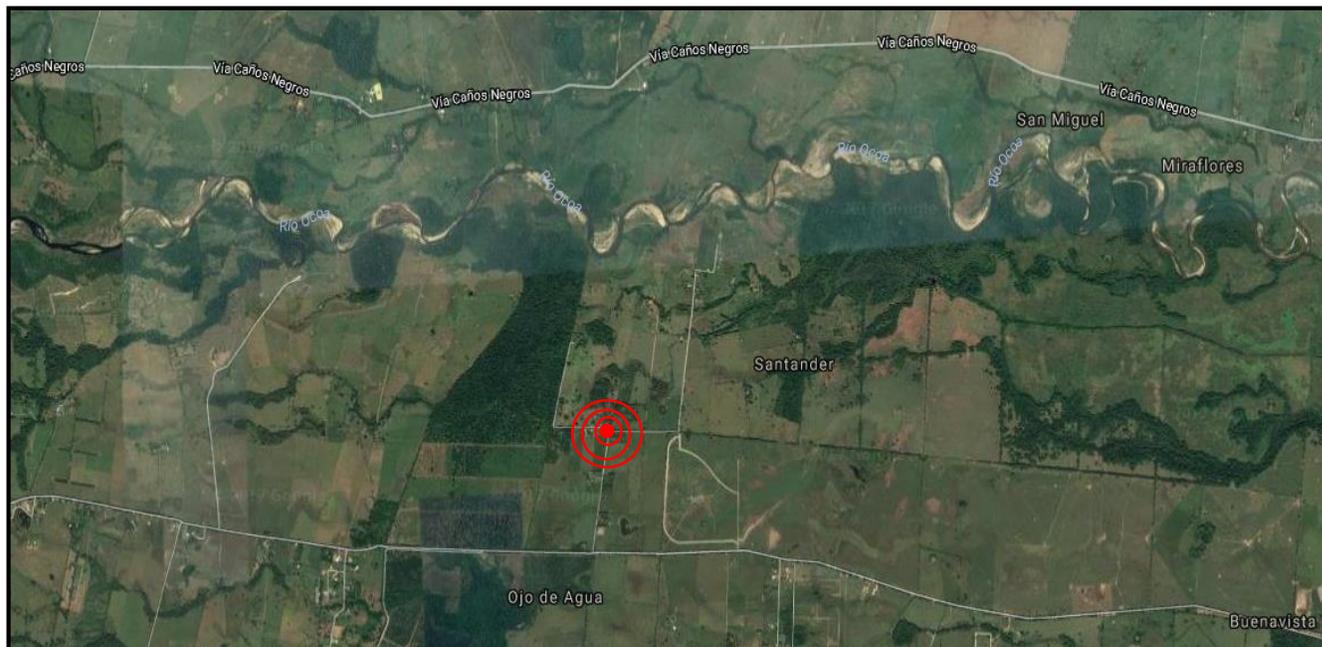
Propiedades comunes de los suelos no cohesivos ( Hunt 1984)

Consistencia	N (spt)	y sat (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Dura	> 30	> 2.0	> 4.0
Muy Rigida	15 - 30	2.08 - 2.24	2.0 - 4.0
Rigida	8 - 15	1.92 - 2.08	1.0 - 2.0
Media (Firme)	4 - 8	1.76 - 1.92	0.5 - 1.0
Blanda	2 - 4	1.60 - 1.76	0.25 - 0.5
Muy blanda	< 2	1.44 - 1.60	0.0 - 0.25

Propiedades comunes de los suelos arcillosos (Hunt 1984)

#### 4.0 LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS

En general, las perforaciones se localizaron en el lote dote donde se va a construir el proyecto de la referencia, y con el criterio de lograr el mayor cubrimiento espacial posible de la zona de estudio, se distribuyó 1 sondeo, para conocer las características geotécnicas del sitio.



### 5.0 VERIFICACIÓN CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN NSR-10 A.2.4.3

Numero de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo. El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo, indistintamente que esté integrado por suelos no cohesivos o cohesivos, se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

donde  $N_i$  = número de golpes por pie obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D 1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato  $i$ . El valor de  $N_i$  a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

Estrato Sondeo 1	Descripcion	N Prom	N60	Espesor	$\frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$	Golpes $\bar{N}$	Tipo Perfil
0.10 - 0.60	Arcilla con Arena de mediana plasticidad color café claro					49,8	D
0.60 - 1.95	Arena Limosa color Café oscuro	49,0	33,1	1,4	0,04		
1.95 - 6.00	Estrato Compacidad firme, presento Rechazo	100,0	60,0	4,1	0,07		

En conjunto y tomando el suelo con las características más desfavorables el suelo clasifico como perfil tipo D.

Tabla A.2.4-1		
Clasificación de los perfiles de suelo		
Tipo de perfil	Descripción	Definición
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$v_s \geq 1500$ m/s
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s $> v_s \geq 760$ m/s
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s $> v_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$ , o $su \geq 100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s $> v_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$ , o $100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> ) $> su \geq 50$ kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180$ m/s $> v_s$
	perfil que contiene un espesor total $H$ mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50$ kPa ( $\approx 0.50$ kgf/cm <sup>2</sup> ) $> su$
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: <b>F1</b> — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. <b>F2</b> — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( $H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). <b>F3</b> — Arcillas de muy alta plasticidad ( $H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$ ) <b>F4</b> — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ( $H > 36$ m)	

### 5.1 EFECTOS LOCALES PARA DISEÑO ANTISÍSMICO

Teniendo en cuenta las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente (NSR 10) se realiza la siguiente caracterización:

A.2.3 — ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA La edificación se localiza dentro de la zona de amenaza sísmica Alta y que se definen en esta sección y que están presentadas en el Mapa de la figura A.2.3-1. Y presenta una aceleración pico para diseño de  $A_a=0.35$  y  $A_v=0.30$ .

A.2.4.5.5 — En la tabla A.2.4-3 se dan los valores del coeficiente  $F_a$  que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos cortos del orden de  $T_0$ .

Tabla A.2.4-3  
Valores del coeficiente  $F_a$ , para la zona de períodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

A.2.4.5.6 — En la tabla A.2.4-4 se dan los valores del coeficiente  $F_v$  que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos intermedios del orden de 1s.

Tabla A.2.4-4  
Valores del coeficiente  $F_v$ , para la zona de períodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

#### A.2.5 — COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

En esta sección se definen los grupos de tipo de uso y los valores del coeficiente de importancia se encuentran en el grupo I de acuerdo al numeral A.2.5.1 (f) de la NSR10– Edificaciones de ocupación normal.

Tabla A.2.5-1  
Valores del coeficiente de importancia,  $I$

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, $I$
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

## 6.0 ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES

Una vez obtenidos los perfiles estratigráficos con sus diferentes aspectos técnicos y las observaciones de campo efectuadas por el especialista, los resultados de los ensayos de laboratorio y campo y la información referente a las características del subsuelo se realizó un análisis para estimar valores de capacidad de soporte admisible y asentamientos.

### 6.1 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE

El cálculo de la capacidad portante se realizó considerando el suelo granular presente en los estratos y con las recomendaciones del capítulo H en el numeral 4.1.4 de la norma NSR-10. La ecuación utilizada fue la siguiente:

Donde:

$$\sigma_{ult} = C.N_c + \gamma.D_f.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma$$

C: cohesión del suelo;

Esf. ult: Capacidad de carga o capacidad portante;

$\gamma D_f$ : Esfuerzo efectivo a nivel de la cimentación;

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ : factores de capacidad de carga basados en el ángulo de fricción interna del suelo de fundación, adimensionales;

$\gamma_{sat}$ : Peso unitario del suelo que está debajo de la zapata;

B: Ancho de la cimentación;

Para obtener los valores de los factores de capacidad de carga es necesario estimar un valor de ángulo de fricción. Es así como el ángulo de fricción se tomó de las correlaciones hechas por Hunt (1.984).

La capacidad de carga admisible se calculó considerando un factor de seguridad de tres que es el recomendado por la norma para prevenir la falla por capacidad portante de esta manera se tiene que:  $Esf.adm = (Esf.ult / F.S.)$

Esf.adm: Capacidad de carga admisible

Esf.ult: Capacidad de carga

F.S.: Factor de Seguridad

Ver anexo hoja de cálculo de capacidad portante y asentamientos

### 7.0 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS.

Los asentamientos en suelos granulares se presentan inmediatamente después de este ser cargado a diferencia de los suelos cohesivos para los cuales el período de respuesta es más lento, además pueden ser apreciablemente reducidos, sin embargo hay que estimarlos con precisión porque la mayoría de las estructuras son más sensibles a los asentamientos rápidos de distorsión que a los lentos, hasta el punto que el diseño en este tipo de suelos resulta regido por el criterio de asentamiento.

Para estimar los valores de asentamientos se empleó el método elástico de Schilcher (1926) el cual consiste conocer las propiedades del suelo el cual se va apoyar la estructura con sus dimensiones y establecer los asentamientos de una estructura rígida o una estructura flexible. Y del suelo obtenemos los siguientes valores y son remplazados en las ecuaciones:

Carga admisible  $q_{adm}$

Módulo de elasticidad Young

Coefficiente de Poissons

Asientos			
Carga flexible		Carga rígida	
• Esquina :	• Centro :	• Valor medio :	• Carga rígida :
$s = q \cdot b \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot I_p$	$s = 2 \cdot q \cdot b \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot I_p$	$s = s_{(centro)} \cdot 0.848$	$s = 93\% \cdot s_{(valor\ medio)}$

Siendo:

$$I_p = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ m \cdot \ln \left( \frac{(m^2 + 1)^{1/2} + 1}{m} \right) + \ln \left[ (m^2 + 1)^{1/2} + m \right] \right]$$

Una vez obtenidos todos los valores remplazamos en la ecuación de Asentamientos, y obtenemos los resultados de los asentamientos basado en el método elástico obtenidos en las perforaciones de campo, como puede observarse en la memoria de cálculos del anexo B ningún valor sobrepasa el límite de 2,50 cms exigido por la norma.

Ver anexo hoja de cálculo de capacidad portante y asentamientos



## 9.2 ANÁLISIS PARA SUELOS EXPANSIVOS Y COLAPSABLES

- Suelo Expansivos**

Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm <sup>2</sup>	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

$$\text{Log Pex} = -1.868 + 2.08WL + 0.665\gamma_d - 2.69WN$$

- Suelos colapsables.**

Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite líquido. Para mayor cantidad de agua o menor volumen de vacíos el depósito es inestable. La evaluación se puede hacer mediante la siguiente formulación:

$$\gamma_d \text{ crit} = \frac{1}{(1/G_s) + Wl} \quad \text{Inestables } 1 \leq \frac{\gamma_d}{\gamma_{\text{crit}}} > 1 \text{ Estable o expansivo}$$

ESTRATO	CLASIFICACION	INDICE DE PLASTICIDAD				Peso Especifico	Dens. Seca	Pre. expansion	Limite Contraccion	Indice de colpasabilidad
		L.L%	L.P%	I.P%	Wnat%					
0.10 - 0.60	CL	38,7	21,9	16,8	29,2	2,684	1,505	1,42	13,31	1,14
0.60 - 1.95	SM				23,6	2,635	1,624			
1.95 - 6.00										

**El suelo no presenta susceptibilidad a suelos expansivos y/o colapsables.**

### 10.0 RECOMENDACIONES GENERALES

Diseño Sísmico, Perfil Tipo D. Aceleraciones espectrales  $A_a = 0.35$ ,  $A_v = 0.30$ ,  $F_a = 1.20$ ,  $F_v = 1.80$ , Coeficiente de importancia = 1.00 Grupo I.

Anexamos la siguiente tabla, en la cual nos indica la descripción del suelo encontrado con sus respectivos ángulos de fricción y cohesión.

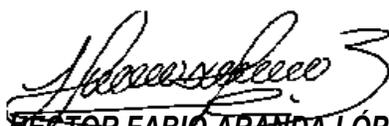
SONDEO 1			
ESTRATO	DESCRIPCIÓN	Ø FRICCIÓN	COHESIÓN
0.10 - 0.60	Arcilla con Arena de mediana plasticidad color café claro		
0.60 - 1.95	Arena Limosa color Café oscuro	22,0	0,35
1.95 - 6.00	Estrato Compacidad firme, presento Rechazo		

### 11.0 ALCANCE DEL ESTUDIO

Los cambios importantes en el proyecto presentado inicialmente, como localización del proyecto, el tipo de plataforma y la longitud, u otros aspectos que incidan en las recomendaciones y parámetros de diseño aquí consignados, deberán consultarse de manera oportuna, ya que dichas variaciones podrían salirse de los alcances planteados inicialmente en esta investigación, haciendo que esta pierda validez y dando cabida a la posibilidad de que se requieran sondeos, ensayos o análisis geotécnicos adicionales.

Durante las exploraciones de campo no se investigó la localización ni el estado de las redes existentes dentro del lote.

Atentamente:

  
**HECTOR FABIO ARANDA LÓPEZ**  
Ingeniero Civil  
M.P. 25202-157072 CND

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



# ***ENSAYOS Y CALCULOS DE LABORATORIO***



AP		LOCALIZACION	ESTRATO	DESCRIPCION	REGISTRO SPT		INDICE DE PLASTICIDAD				GRANULOMETRIA % PASA				PROPIEDADES GRAVIMETRICAS				ANGULO FRICCION		COHESION		CLASIFICACION			
					Prom N	Prom Ncorr	L.L%	L.P%	I.P%	Wnat%	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	G. esp	R. Vacio e	Dens. Hum	Dens. Seca	N	Ø	N	C	AASTHO	U.S.C.		
1,00			0.00 - 0.10	Capa Vegetal																						
			0.10 - 0.60	Arcilla con Arena de mediana plasticidad color café claro	38,7	21,9	16,8	29,2	97,4	94,6	76,3	60,4	2,684	0,78	1,944	1,505										CL
			0.60 - 1.95	Arena Limosa color Café oscuro	49,5	33,5		23,6	97,5	93,4	64,0	46,2	2,635	0,82	2,008	1,624										SM
			1.95 - 6.00	Estrato Compacidad firme, presento Rechazo	100,0	60,0																				

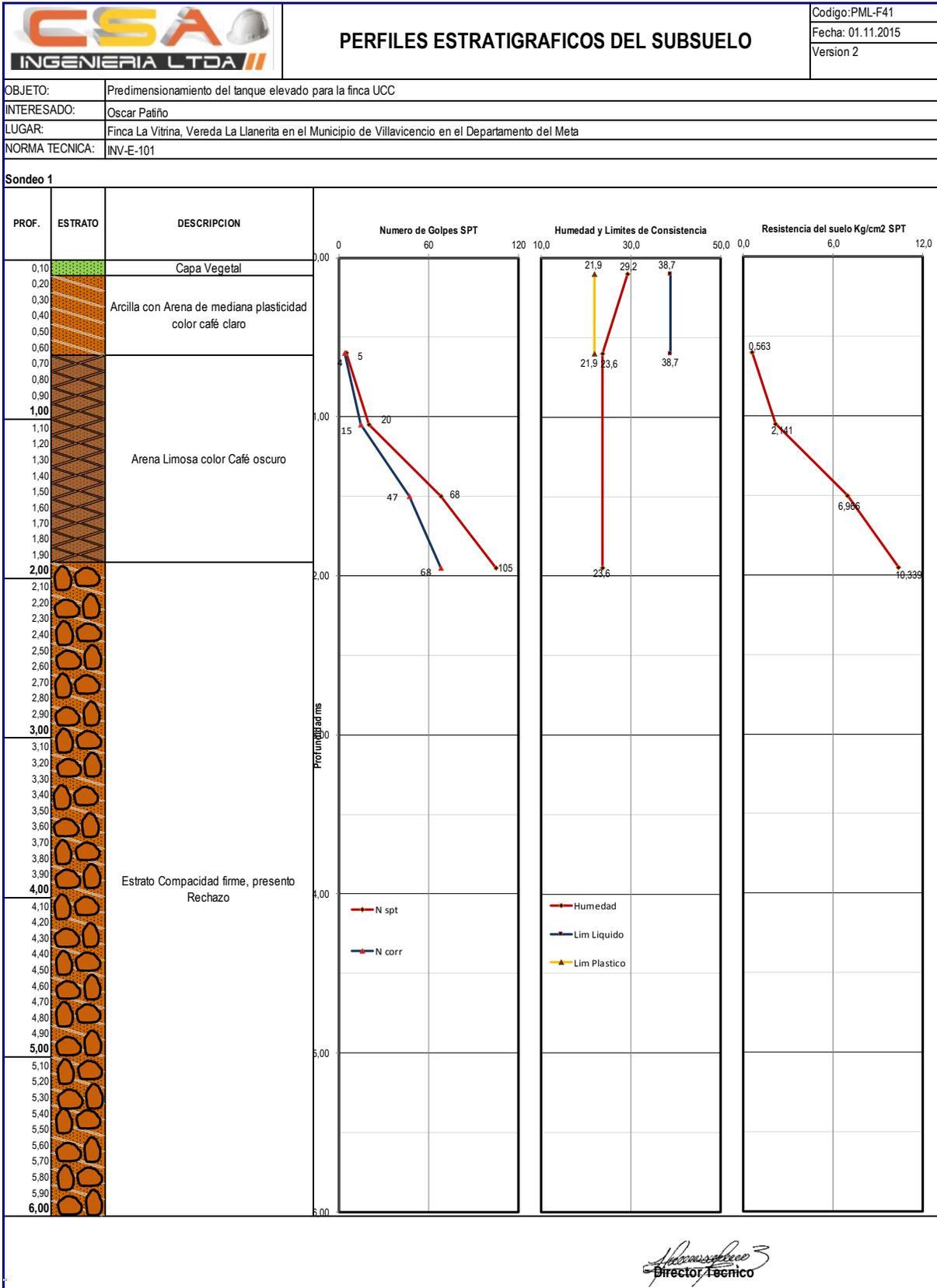
*Handwritten signature*  
DIRECTOR TÉCNICO

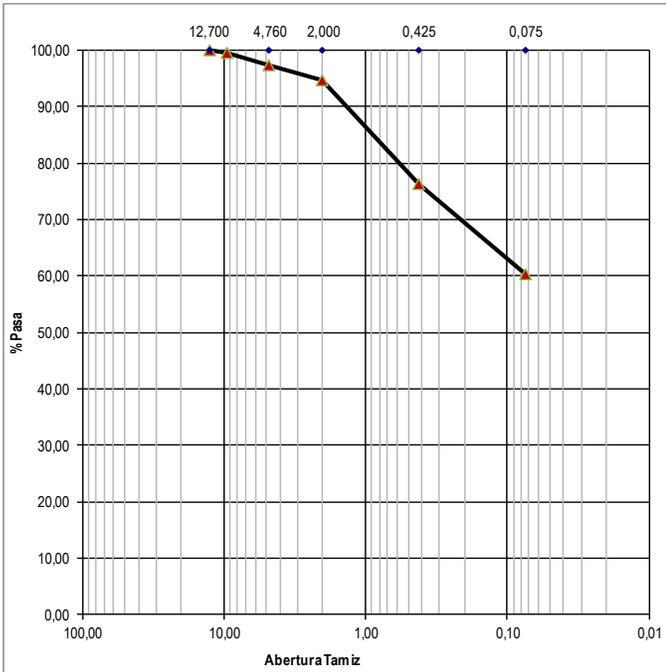
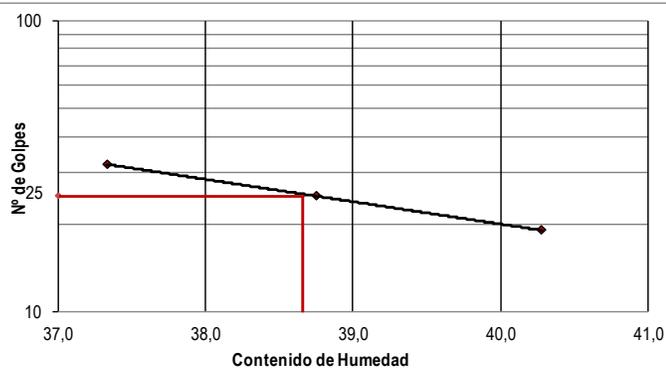


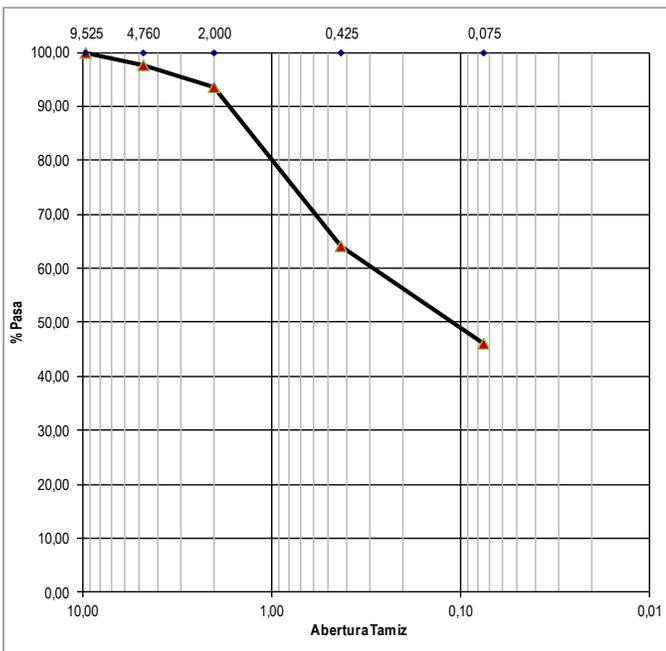
PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEL SUBSUELO

PROYECTO: Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC  
 INTERESADO: Oscar Patiño  
 LUGAR: Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavieco en el Departamento del Meta  
 NORMA TECNICA: INVE-111

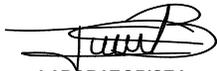
Codigo: PML-F42  
 Fecha: 01.11.2015  
 Version: 2

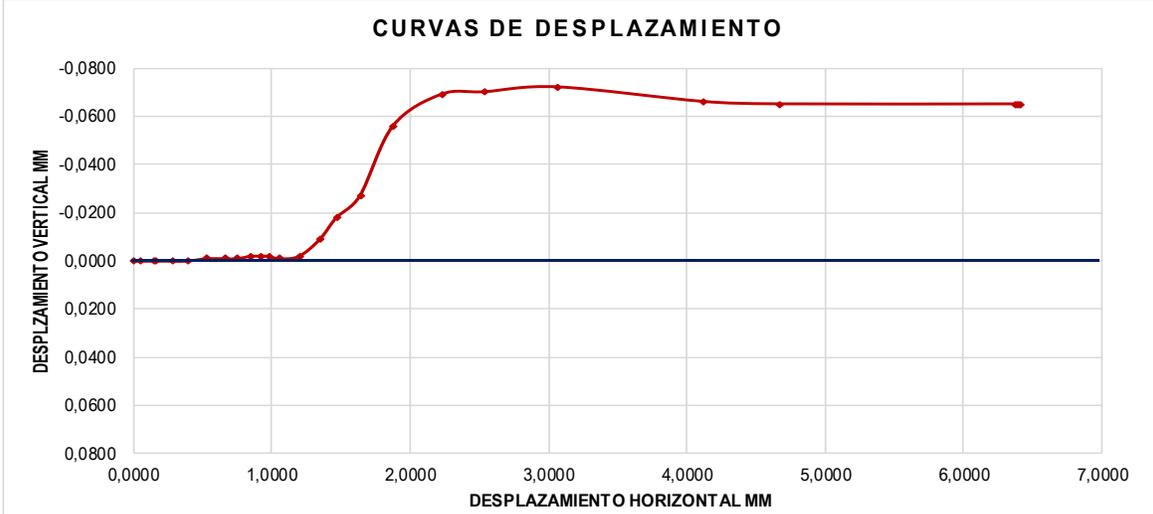
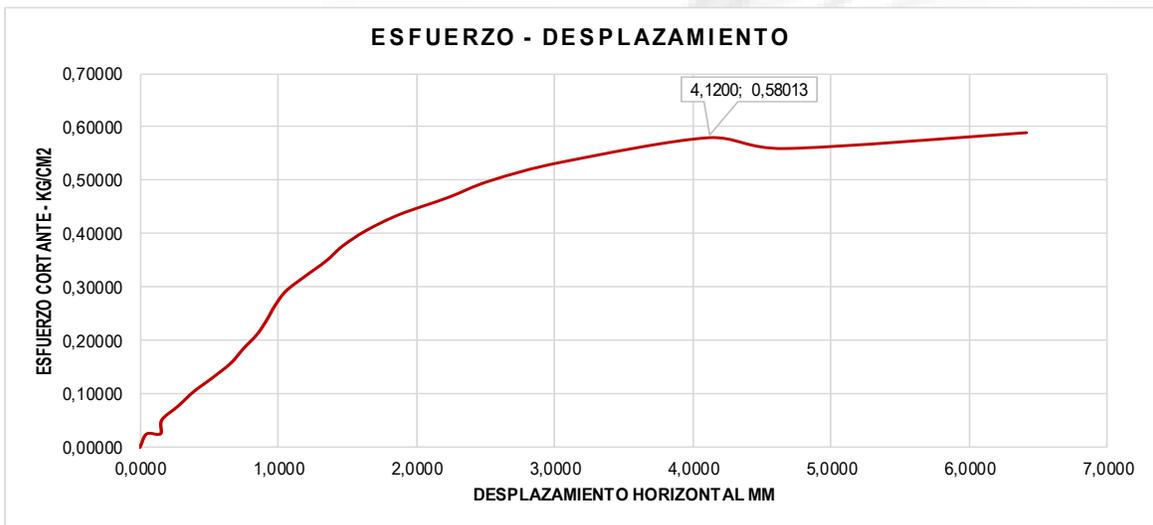


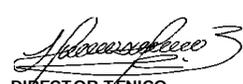
	ENSAYO DE GRADACION - CLASIFICACION	Codigo:PML-F15																																																																																											
		Fecha: 01.11.2015																																																																																											
		Version 2																																																																																											
<b>OBJETO:</b> Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC <b>INTERESADO:</b> Oscar Patiño <b>LUGAR:</b> Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta <b>DESCRIPCIÓN:</b> Arcilla con Arena de mediana plasticidad color café claro <b>SONDEO N°</b> 1 <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.10 - 0.60 <b>MUESTRA:</b> 1 <b>NORMA TÉCNICA:</b> INVE-122 -123-125-126																																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LAVADO SOBRE MALLA 200</th> <th colspan="2">PORCENTAJE DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wr+Wms Ant. Lav.</td> <td align="right">348,3</td> <td>Peso 1</td> <td align="right">415,8</td> </tr> <tr> <td>Wr+Wms Des. Lav.</td> <td align="right">208,7</td> <td>Peso 2</td> <td align="right">348,3</td> </tr> <tr> <td>W. Muestra seca</td> <td align="right">91,6</td> <td>Peso 3</td> <td align="right">117,1</td> </tr> <tr> <td>W. Recipiente</td> <td align="right">117,1</td> <td>% Humedad</td> <td align="right"><b>29,20</b></td> </tr> <tr> <td>W. M. pasa 200</td> <td align="right">139,6</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LAVADO SOBRE MALLA 200		PORCENTAJE DE HUMEDAD		Wr+Wms Ant. Lav.	348,3	Peso 1	415,8	Wr+Wms Des. Lav.	208,7	Peso 2	348,3	W. Muestra seca	91,6	Peso 3	117,1	W. Recipiente	117,1	% Humedad	<b>29,20</b>	W. M. pasa 200	139,6																																																																						
LAVADO SOBRE MALLA 200		PORCENTAJE DE HUMEDAD																																																																																											
Wr+Wms Ant. Lav.	348,3	Peso 1	415,8																																																																																										
Wr+Wms Des. Lav.	208,7	Peso 2	348,3																																																																																										
W. Muestra seca	91,6	Peso 3	117,1																																																																																										
W. Recipiente	117,1	% Humedad	<b>29,20</b>																																																																																										
W. M. pasa 200	139,6																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">W RET.</th> <th rowspan="2">% RETEN.</th> <th rowspan="2">% RET. ACUM.</th> <th rowspan="2">% PASA</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>pulg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76,200</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>63,500</td><td>2 1/2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50,800</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>38,100</td><td>1 1/2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25,400</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19,050</td><td>3/4"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12,700</td><td>1/2"</td><td>0,0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>100,00</td></tr> <tr><td>9,525</td><td>3/8"</td><td>1,2</td><td>0,52</td><td>0,52</td><td>99,48</td></tr> <tr><td>4,760</td><td>N° 4</td><td>4,9</td><td>2,12</td><td>2,64</td><td>97,36</td></tr> <tr><td>2,000</td><td>N° 10</td><td>6,4</td><td>2,77</td><td>5,41</td><td>94,59</td></tr> <tr><td>0,425</td><td>N° 40</td><td>42,2</td><td>18,25</td><td>23,66</td><td>76,34</td></tr> <tr><td>0,075</td><td>N° 200</td><td>36,9</td><td>15,96</td><td>39,62</td><td>60,38</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td></td><td>139,6</td><td>60,38</td><td>100,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>SUMAS</td><td></td><td>231,2</td><td>100,00</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		TAMIZ		W RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA	mm	pulg	76,200	3					63,500	2 1/2					50,800	2					38,100	1 1/2					25,400	1					19,050	3/4"					12,700	1/2"	0,0	0,00	0,00	100,00	9,525	3/8"	1,2	0,52	0,52	99,48	4,760	N° 4	4,9	2,12	2,64	97,36	2,000	N° 10	6,4	2,77	5,41	94,59	0,425	N° 40	42,2	18,25	23,66	76,34	0,075	N° 200	36,9	15,96	39,62	60,38	FONDO		139,6	60,38	100,00	0,00	SUMAS		231,2	100,00		
TAMIZ		W RET.	% RETEN.					% RET. ACUM.	% PASA																																																																																				
mm	pulg																																																																																												
76,200	3																																																																																												
63,500	2 1/2																																																																																												
50,800	2																																																																																												
38,100	1 1/2																																																																																												
25,400	1																																																																																												
19,050	3/4"																																																																																												
12,700	1/2"	0,0	0,00	0,00	100,00																																																																																								
9,525	3/8"	1,2	0,52	0,52	99,48																																																																																								
4,760	N° 4	4,9	2,12	2,64	97,36																																																																																								
2,000	N° 10	6,4	2,77	5,41	94,59																																																																																								
0,425	N° 40	42,2	18,25	23,66	76,34																																																																																								
0,075	N° 200	36,9	15,96	39,62	60,38																																																																																								
FONDO		139,6	60,38	100,00	0,00																																																																																								
SUMAS		231,2	100,00																																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Limite liquido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° de golpes</td> <td align="right">32,0</td> <td align="right">25,0</td> <td align="right">19,0</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra humeda + recipiente</td> <td align="right">15,5</td> <td align="right">16,3</td> <td align="right">15,4</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente</td> <td align="right">12,7</td> <td align="right">13,2</td> <td align="right">12,5</td> </tr> <tr> <td>Peso recipiente</td> <td align="right">5,2</td> <td align="right">5,2</td> <td align="right">5,3</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de humedad</td> <td align="right">37,33</td> <td align="right">38,75</td> <td align="right">40,28</td> </tr> </tbody> </table>		Limite liquido				N° de golpes	32,0	25,0	19,0	Peso muestra humeda + recipiente	15,5	16,3	15,4	Peso muestra seca + recipiente	12,7	13,2	12,5	Peso recipiente	5,2	5,2	5,3	Porcentaje de humedad	37,33	38,75	40,28																																																																				
Limite liquido																																																																																													
N° de golpes	32,0	25,0	19,0																																																																																										
Peso muestra humeda + recipiente	15,5	16,3	15,4																																																																																										
Peso muestra seca + recipiente	12,7	13,2	12,5																																																																																										
Peso recipiente	5,2	5,2	5,3																																																																																										
Porcentaje de humedad	37,33	38,75	40,28																																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Limite Plastico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra humeda + recipiente</td> <td align="right">15,50</td> <td align="right">14,50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente</td> <td align="right">13,80</td> <td align="right">12,80</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso recipiente</td> <td align="right">5,60</td> <td align="right">5,40</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de humedad</td> <td align="right">20,73</td> <td align="right">22,97</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prom</td> <td></td> <td align="right">21,85</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Limite Plastico				Peso muestra humeda + recipiente	15,50	14,50		Peso muestra seca + recipiente	13,80	12,80		Peso recipiente	5,60	5,40		Porcentaje de humedad	20,73	22,97		Prom		21,85																																																																					
Limite Plastico																																																																																													
Peso muestra humeda + recipiente	15,50	14,50																																																																																											
Peso muestra seca + recipiente	13,80	12,80																																																																																											
Peso recipiente	5,60	5,40																																																																																											
Porcentaje de humedad	20,73	22,97																																																																																											
Prom		21,85																																																																																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2">% DEL MATERIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt; 3"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GRAVA</td> <td align="right">2,64%</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td align="right">36,98%</td> </tr> <tr> <td>FINOS</td> <td align="right">60,38%</td> </tr> </tbody> </table>	% DEL MATERIAL		> 3"		GRAVA	2,64%	ARENA	36,98%	FINOS	60,38%	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U.S.C.</td> <td align="center">CL</td> </tr> <tr> <td>I.G.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td align="center">A-6</td> </tr> </tbody> </table>	CLASIFICACIÓN		U.S.C.	CL	I.G.		AASHTO	A-6	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tbody> <tr> <td>Limite Liquido</td> <td align="right">38,7</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td align="right">21,9</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td align="right">16,8</td> </tr> <tr> <td>Indice de Liquidez</td> <td align="right">0,44</td> </tr> </tbody> </table>	Limite Liquido	38,7	Limite Plastico	21,9	Indice de Plasticidad	16,8	Indice de Liquidez	0,44	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2">UNIFORMIDAD Y CURVATURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D60</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cc</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	UNIFORMIDAD Y CURVATURA		D10		D30		D60		Cu		Cc																																																					
% DEL MATERIAL																																																																																													
> 3"																																																																																													
GRAVA	2,64%																																																																																												
ARENA	36,98%																																																																																												
FINOS	60,38%																																																																																												
CLASIFICACIÓN																																																																																													
U.S.C.	CL																																																																																												
I.G.																																																																																													
AASHTO	A-6																																																																																												
Limite Liquido	38,7																																																																																												
Limite Plastico	21,9																																																																																												
Indice de Plasticidad	16,8																																																																																												
Indice de Liquidez	0,44																																																																																												
UNIFORMIDAD Y CURVATURA																																																																																													
D10																																																																																													
D30																																																																																													
D60																																																																																													
Cu																																																																																													
Cc																																																																																													
 Laboratorista	 Director Técnico																																																																																												

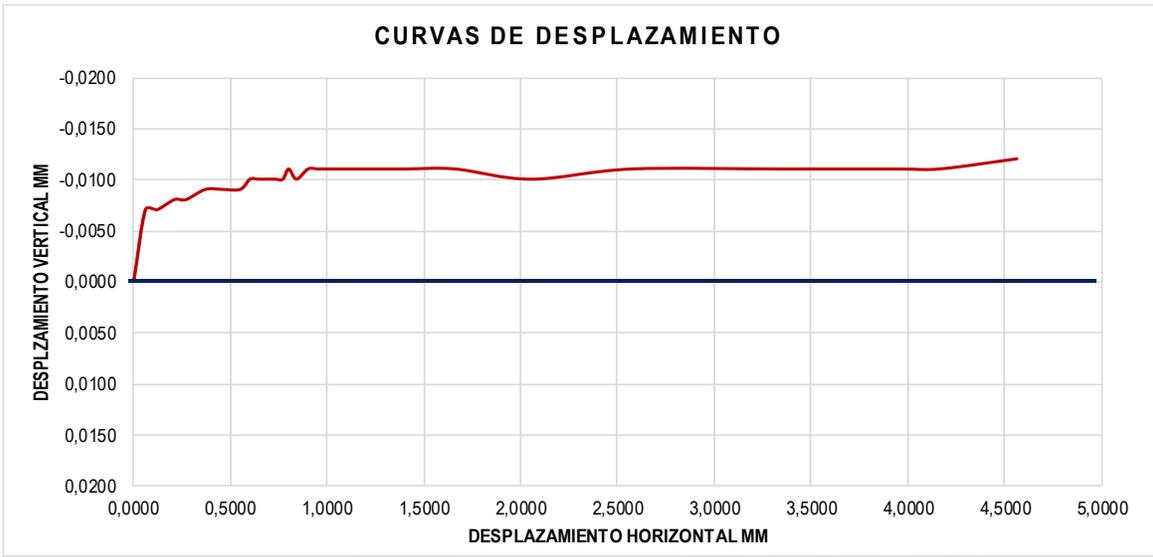
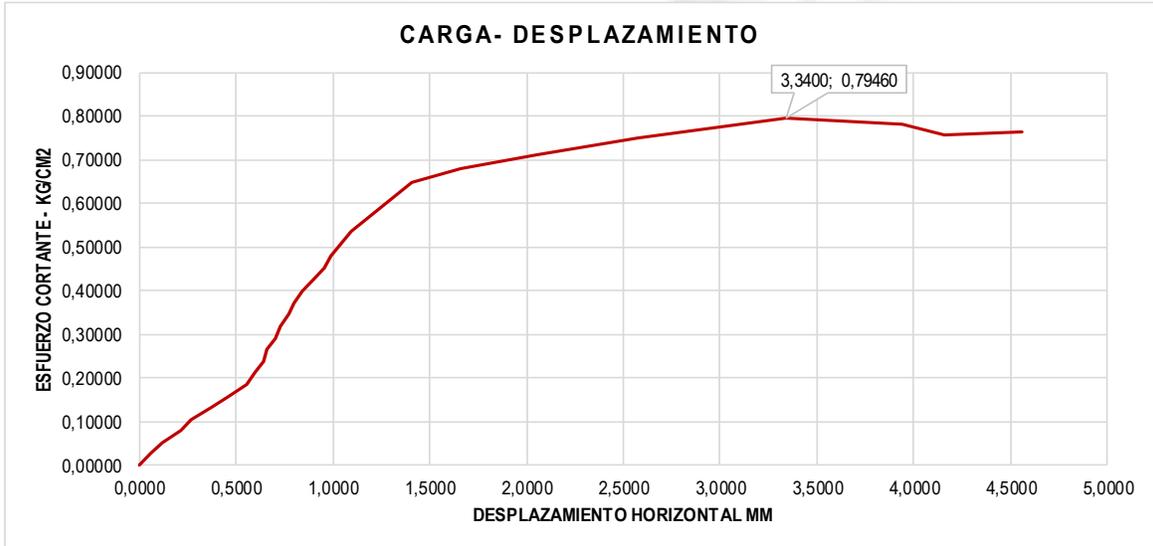
	<b>ENSAYO DE GRADACION - CLASIFICACION</b>	Codigo:PML-F15																																																																																																													
		Fecha: 01.11.2015																																																																																																													
		Version 2																																																																																																													
OBJETO: Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC INTERESADO: Oscar Patiño LUGAR: Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta DESCRIPCION: Arena Limosa color Café oscuro SONDEO N°: 1 PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95 MUESTRA: 2 NORMA TECNICA: INV-E-122 -123-125-126																																																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LAVADO SOBRE MALLA 200</th> <th colspan="2">PORCENTAJE DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wr+Wms Ant. Lav.</td> <td style="text-align: right;">390,4</td> <td>Peso 1</td> <td style="text-align: right;">455,0</td> </tr> <tr> <td>Wr+Wms Des. Lav.</td> <td style="text-align: right;">264,2</td> <td>Peso 2</td> <td style="text-align: right;">390,4</td> </tr> <tr> <td>W. Muestra seca</td> <td style="text-align: right;">147,2</td> <td>Peso 3</td> <td style="text-align: right;">117,0</td> </tr> <tr> <td>W. Recipiente</td> <td style="text-align: right;">117,0</td> <td>% Humedad</td> <td style="text-align: right;"><b>23,63</b></td> </tr> <tr> <td>W. M. pasa 200</td> <td style="text-align: right;">126,2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	LAVADO SOBRE MALLA 200		PORCENTAJE DE HUMEDAD		Wr+Wms Ant. Lav.	390,4	Peso 1	455,0	Wr+Wms Des. Lav.	264,2	Peso 2	390,4	W. Muestra seca	147,2	Peso 3	117,0	W. Recipiente	117,0	% Humedad	<b>23,63</b>	W. M. pasa 200	126,2																																																																																									
LAVADO SOBRE MALLA 200		PORCENTAJE DE HUMEDAD																																																																																																													
Wr+Wms Ant. Lav.	390,4	Peso 1	455,0																																																																																																												
Wr+Wms Des. Lav.	264,2	Peso 2	390,4																																																																																																												
W. Muestra seca	147,2	Peso 3	117,0																																																																																																												
W. Recipiente	117,0	% Humedad	<b>23,63</b>																																																																																																												
W. M. pasa 200	126,2																																																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">W RET.</th> <th rowspan="2">% RETEN.</th> <th rowspan="2">% RET. ACUM.</th> <th rowspan="2">% PASA</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>pulg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>63,500</td><td>2 1/2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50,800</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>38,100</td><td>1 1/2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25,400</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19,050</td><td>3/4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12,700</td><td>1/2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9,525</td><td>3/8</td><td>0,0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>100,00</td></tr> <tr><td>4,760</td><td>N° 4</td><td>6,9</td><td>2,52</td><td>2,52</td><td>97,48</td></tr> <tr><td>2,000</td><td>N° 10</td><td>11,1</td><td>4,06</td><td>6,58</td><td>93,42</td></tr> <tr><td>0,425</td><td>N° 40</td><td>80,4</td><td>29,41</td><td>35,99</td><td>64,01</td></tr> <tr><td>0,075</td><td>N° 200</td><td>48,8</td><td>17,85</td><td>53,84</td><td>46,16</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td></td><td>126,2</td><td>46,16</td><td>100,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>SUMAS</td><td></td><td>273,4</td><td>100,00</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ		W RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA	mm	pulg	63,500	2 1/2					50,800	2					38,100	1 1/2					25,400	1					19,050	3/4					12,700	1/2					9,525	3/8	0,0	0,00	0,00	100,00	4,760	N° 4	6,9	2,52	2,52	97,48	2,000	N° 10	11,1	4,06	6,58	93,42	0,425	N° 40	80,4	29,41	35,99	64,01	0,075	N° 200	48,8	17,85	53,84	46,16	FONDO		126,2	46,16	100,00	0,00	SUMAS		273,4	100,00			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Limite liquido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N° de golpes</td><td></td></tr> <tr><td>Peso muestra humeda + recipiente</td><td style="text-align: center; font-size: 2em;">NL</td></tr> <tr><td>Peso muestra seca + recipiente</td><td></td></tr> <tr><td>Peso recipiente</td><td></td></tr> <tr><td>Porcentaje de humedad</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Limite Plastico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso muestra humeda + recipiente</td><td></td></tr> <tr><td>Peso muestra seca + recipiente</td><td style="text-align: center; font-size: 2em;">NP</td></tr> <tr><td>Peso recipiente</td><td></td></tr> <tr><td>Porcentaje de humedad</td><td></td></tr> </tbody> </table>			Limite liquido		N° de golpes		Peso muestra humeda + recipiente	NL	Peso muestra seca + recipiente		Peso recipiente		Porcentaje de humedad		Limite Plastico		Peso muestra humeda + recipiente		Peso muestra seca + recipiente	NP	Peso recipiente		Porcentaje de humedad	
TAMIZ		W RET.					% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA																																																																																																						
mm	pulg																																																																																																														
63,500	2 1/2																																																																																																														
50,800	2																																																																																																														
38,100	1 1/2																																																																																																														
25,400	1																																																																																																														
19,050	3/4																																																																																																														
12,700	1/2																																																																																																														
9,525	3/8	0,0	0,00	0,00	100,00																																																																																																										
4,760	N° 4	6,9	2,52	2,52	97,48																																																																																																										
2,000	N° 10	11,1	4,06	6,58	93,42																																																																																																										
0,425	N° 40	80,4	29,41	35,99	64,01																																																																																																										
0,075	N° 200	48,8	17,85	53,84	46,16																																																																																																										
FONDO		126,2	46,16	100,00	0,00																																																																																																										
SUMAS		273,4	100,00																																																																																																												
Limite liquido																																																																																																															
N° de golpes																																																																																																															
Peso muestra humeda + recipiente	NL																																																																																																														
Peso muestra seca + recipiente																																																																																																															
Peso recipiente																																																																																																															
Porcentaje de humedad																																																																																																															
Limite Plastico																																																																																																															
Peso muestra humeda + recipiente																																																																																																															
Peso muestra seca + recipiente	NP																																																																																																														
Peso recipiente																																																																																																															
Porcentaje de humedad																																																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">% DEL MATERIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>&gt; 3"</td><td style="text-align: right;">0,00%</td></tr> <tr><td>GRAVA</td><td style="text-align: right;">2,52%</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td style="text-align: right;">51,32%</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td style="text-align: right;">46,16%</td></tr> </tbody> </table>	% DEL MATERIAL		> 3"	0,00%	GRAVA	2,52%	ARENA	51,32%	FINOS	46,16%	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>U.S.C.</td><td style="text-align: center;">SM</td></tr> <tr><td>I.G.</td><td></td></tr> <tr><td>AASHTO</td><td style="text-align: center;">A-4</td></tr> </tbody> </table>	CLASIFICACIÓN		U.S.C.	SM	I.G.		AASHTO	A-4	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tbody> <tr><td>Limite Liquido</td><td style="text-align: center;">✓</td></tr> <tr><td>Limite Plastico</td><td style="text-align: center;">✓</td></tr> <tr><td>Indice de Plasticidad</td><td style="text-align: center;">✓</td></tr> <tr><td>Indice de Liquidez</td><td style="text-align: center;">✓</td></tr> </tbody> </table>	Limite Liquido	✓	Limite Plastico	✓	Indice de Plasticidad	✓	Indice de Liquidez	✓	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">UNIFORMIDAD Y CURVATURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>D10</td><td></td></tr> <tr><td>D30</td><td></td></tr> <tr><td>D60</td><td></td></tr> <tr><td>Cu</td><td></td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td></tr> </tbody> </table>	UNIFORMIDAD Y CURVATURA		D10		D30		D60		Cu		Cc																																																																							
% DEL MATERIAL																																																																																																															
> 3"	0,00%																																																																																																														
GRAVA	2,52%																																																																																																														
ARENA	51,32%																																																																																																														
FINOS	46,16%																																																																																																														
CLASIFICACIÓN																																																																																																															
U.S.C.	SM																																																																																																														
I.G.																																																																																																															
AASHTO	A-4																																																																																																														
Limite Liquido	✓																																																																																																														
Limite Plastico	✓																																																																																																														
Indice de Plasticidad	✓																																																																																																														
Indice de Liquidez	✓																																																																																																														
UNIFORMIDAD Y CURVATURA																																																																																																															
D10																																																																																																															
D30																																																																																																															
D60																																																																																																															
Cu																																																																																																															
Cc																																																																																																															
 Laboratorista	 Director Técnico																																																																																																														

		<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDADO DRENADO</b>		Codigo:PML-F27 Fecha: 01.11.2015 Version 2								
OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC											
INTERESADO:	Oscar Patiño											
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta											
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro											
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHA INFORME:	12 de julio de 2017								
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)											
<b>TRAYECTORIA DE ESFUERZOS</b>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Angulo de fricción <math>\phi'</math> =</td> <td style="width: 25%;">22,0°</td> <td style="width: 25%;">22,0°</td> <td style="width: 25%;">22,0°</td> </tr> <tr> <td>Cohesion <math>C'</math> =</td> <td>0,35 kg/cm2</td> <td>3,52 ton/m2</td> <td>35,23 KPa</td> </tr> </table>					Angulo de fricción $\phi'$ =	22,0°	22,0°	22,0°	Cohesion $C'$ =	0,35 kg/cm2	3,52 ton/m2	35,23 KPa
Angulo de fricción $\phi'$ =	22,0°	22,0°	22,0°									
Cohesion $C'$ =	0,35 kg/cm2	3,52 ton/m2	35,23 KPa									
<b>OBSERVACIONES:</b> La muestra aquí reportada, se realizo en estado saturado y su proceso de resistencia al corte se utilizo el metodo de Consolidado - Drenado.												
 												

		<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDADO DRENADO</b>		Codigo:PML-F27 Fecha: 01.11.2015 Version 2				
OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC							
INTERESADO:	Oscar Patiño							
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta							
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro							
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHA INFORME:	12 de julio de 2017				
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)							
<b>MUESTRA N°- 1</b>								
<b>CARECTERISTICAS INICIALES</b>			<b>ETAPA DE CONSOLIDACION</b>		<b>OTROS DATOS</b>			
Peso Probeta (g)	81,90		Lectura inicial	Lectura final	Vel (mm/min)	0,04		
Altura (cm)	2,50		Defor. (mm)	Defor. (mm)	Brazo de carga	10		
Diametro (cm)	5,00		0,000	-0,964				
Area (cm <sup>2</sup> )	19,635		<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
Volumen (cm <sup>3</sup> )	47,19		humedad	Inicial	Final			
P. unitario total g <sub>t</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,735		Recipiente No	1	2			
P. unitario seco g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,495		P <sub>1</sub> (g)	253,40	59,30			
<b>CARGA INICIAL</b>			P <sub>2</sub> (g)	228,20	50,40			
Carga Normal (Kg)	1,00		P <sub>3</sub> (g)	71,80	11,70			
Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,509		Wn (%)	16,11	23,00			
<b>DATOS Y RESULTADOS DE LA FALLA</b>								
Tiempo	Lectura de Carga Kg	DEFORMACIÓN		Area Corregida cm <sup>2</sup>	ESFUERZO		DEFORMACIÓN UNITARIA	
		Horizontal (mm)	Vertical (mm)		Corte Kg/cm <sup>2</sup>	Normal Kg/cm <sup>2</sup>	Horizontal %	Vertical %
00:00:00	0,000	0,0000	0,0000	19,635	0,00000	0,509	0,00	0,00
00:02:00	0,510	0,0500	0,0000	19,610	0,02600	0,510	0,10	0,00
00:06:40	0,510	0,1500	0,0000	19,560	0,02607	0,511	0,30	0,00
00:07:20	1,020	0,1600	0,0000	19,555	0,05215	0,511	0,32	0,00
00:11:20	1,530	0,2800	0,0000	19,495	0,07846	0,513	0,56	0,00
00:14:40	2,039	0,3900	0,0000	19,440	0,10491	0,514	0,78	0,00
00:18:40	2,549	0,5300	-0,0010	19,370	0,13161	0,516	1,06	0,00
00:22:40	3,059	0,6600	-0,0010	19,305	0,15846	0,518	1,32	0,00
00:28:00	3,569	0,7500	-0,0010	19,260	0,18531	0,519	1,50	0,00
00:33:20	4,079	0,8500	-0,0020	19,210	0,21233	0,521	1,70	-0,01
00:37:20	4,589	0,9200	-0,0020	19,175	0,23931	0,522	1,84	-0,01
00:40:40	5,099	0,9800	-0,0020	19,145	0,26631	0,522	1,96	-0,01
00:44:40	5,608	1,0600	-0,0010	19,105	0,29356	0,523	2,12	0,00
00:49:20	6,118	1,2000	-0,0020	19,035	0,32142	0,525	2,40	-0,01
00:53:20	6,628	1,3500	-0,0090	18,960	0,34958	0,527	2,70	-0,04
00:57:20	7,138	1,4700	-0,0180	18,900	0,37767	0,529	2,94	-0,07
01:02:40	7,648	1,6400	-0,0270	18,815	0,40647	0,531	3,28	-0,11
01:09:20	8,158	1,8800	-0,0560	18,695	0,43635	0,535	3,76	-0,22
01:18:00	8,668	2,2300	-0,0690	18,520	0,46800	0,540	4,46	-0,28
01:25:20	9,177	2,5400	-0,0700	18,366	0,49971	0,544	5,08	-0,28
01:38:40	9,687	3,0700	-0,0720	18,101	0,53518	0,552	6,14	-0,29
02:14:00	10,197	4,1200	-0,0660	17,577	0,58013	0,569	8,24	-0,26
02:28:40	9,687	4,6700	-0,0650	17,304	0,55985	0,578	9,34	-0,26
03:13:20	9,687	6,3800	-0,0650	16,454	0,58876	0,608	12,76	-0,26
03:14:00	9,687	6,3900	-0,0650	16,449	0,58894	0,608	12,78	-0,26
03:14:40	9,687	6,4000	-0,0650	16,444	0,58911	0,608	12,80	-0,26
03:15:20	9,687	6,4200	-0,0650	16,434	0,58947	0,608	12,84	-0,26
 LABORATORISTA				 DIRECTOR TÉCNICO				

	<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDADO DRENADO</b>		Codigo:PML-F27
			Fecha: 01.11.2015
			Version 2
OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC		
INTERESADO:	Oscar Patiño		
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta		
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro		
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHA INFORME: 12 de julio de 2017
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)		
<b>MUESTRA N°-1</b>			
<b>CURVAS DE DESPLAZAMIENTO</b>			
			
<b>ESFUERZO - DESPLAZAMIENTO</b>			
			
			

		<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDADO DRENADO</b>		Codigo:PML-F27				
				Fecha: 01.11.2015				
				Version 2				
OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC							
INTERESADO:	Oscar Patiño							
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta							
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro							
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHA INFORME:	12 de julio de 2017				
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)							
<b>MUESTRA N° - 2</b>								
<b>CARECTERICAS INICIALES</b>			<b>ETAPA DE CONSOLIDACION</b>		<b>OTROS DATOS</b>			
Peso Probeta (g)	81,90		Lectura inicial	Lectura final	Vel (mm/min)	0,04		
Altura (cm)	2,50		Defor. (mm)	Defor. (mm)	Brazo de carga	10		
Diametro (cm)	5,00		0,000	-0,853				
Area (cm <sup>2</sup> )	19,635							
Volumen (cm <sup>3</sup> )	47,41							
P. unitario total g <sub>t</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,727							
P. unitario seco g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,488							
<b>CARGA INICIAL</b>			<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
Carga Normal (Kg)	2,00		Humedad	Inicial	Final			
Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,019		Recipiente No	1	2			
			P <sub>1</sub> (g)	253,40	75,60			
			P <sub>2</sub> (g)	228,20	62,30			
			P <sub>3</sub> (g)	71,80	6,20			
			W <sub>n</sub> (%)	16,11	23,71			
<b>DATOS Y RESULTADOS DE LA FALLA</b>								
Tiempo	Lectura de Carga Kg	DEFORMACIÓN		Area Corregida cm <sup>2</sup>	ESFUERZO		DEFORMACIÓN UNITARIA	
		Horizontal (mm)	Vertical (mm)		Corte Kg/cm <sup>2</sup>	Normal Kg/cm <sup>2</sup>	Horizontal %	Vertical %
00:00:00	0,000	0,0000	0,0000	19,635	0,00000	1,019	0,00	0,00
00:01:20	0,510	0,0600	-0,0070	19,605	0,02601	1,020	0,12	-0,03
00:02:40	1,020	0,1200	-0,0070	19,575	0,05209	1,022	0,24	-0,03
00:04:40	1,530	0,2100	-0,0080	19,530	0,07832	1,024	0,42	-0,03
00:06:00	2,039	0,2700	-0,0080	19,500	0,10459	1,026	0,54	-0,03
00:08:00	2,549	0,3700	-0,0090	19,450	0,13107	1,028	0,74	-0,04
00:10:00	3,059	0,4600	-0,0090	19,405	0,15765	1,031	0,92	-0,04
00:13:20	3,569	0,5500	-0,0090	19,360	0,18435	1,033	1,10	-0,04
00:16:00	4,079	0,6000	-0,0100	19,335	0,21096	1,034	1,20	-0,04
00:16:40	4,589	0,6400	-0,0100	19,315	0,23757	1,035	1,28	-0,04
00:17:20	5,099	0,6600	-0,0100	19,305	0,26411	1,036	1,32	-0,04
00:18:40	5,608	0,7000	-0,0100	19,285	0,29082	1,037	1,40	-0,04
00:19:20	6,118	0,7300	-0,0100	19,270	0,31750	1,038	1,46	-0,04
00:21:20	6,628	0,7700	-0,0100	19,250	0,34432	1,039	1,54	-0,04
00:22:40	7,138	0,8000	-0,0110	19,235	0,37110	1,040	1,60	-0,04
00:24:00	7,648	0,8400	-0,0100	19,215	0,39802	1,041	1,68	-0,04
00:26:00	8,158	0,9000	-0,0110	19,185	0,42521	1,042	1,80	-0,04
00:28:00	8,668	0,9500	-0,0110	19,160	0,45238	1,044	1,90	-0,04
00:29:20	9,177	0,9900	-0,0110	19,140	0,47949	1,045	1,98	-0,04
00:30:40	9,687	1,0400	-0,0110	19,115	0,50679	1,046	2,08	-0,04
00:32:00	10,197	1,0900	-0,0110	19,090	0,53416	1,048	2,18	-0,04
00:34:00	10,707	1,1700	-0,0110	19,050	0,56205	1,050	2,34	-0,04
00:36:00	11,217	1,2500	-0,0110	19,010	0,59005	1,052	2,50	-0,04
00:38:00	11,727	1,3300	-0,0110	18,970	0,61817	1,054	2,66	-0,04
00:40:00	12,237	1,4100	-0,0110	18,930	0,64641	1,057	2,82	-0,04
00:45:20	12,746	1,6600	-0,0110	18,805	0,67781	1,064	3,32	-0,04
00:52:40	13,256	2,0500	-0,0100	18,610	0,71231	1,075	4,10	-0,04
01:01:20	13,766	2,5700	-0,0110	18,351	0,75017	1,090	5,14	-0,04
01:18:00	14,276	3,3400	-0,0110	17,966	0,79460	1,113	6,68	-0,04
01:34:40	13,766	3,9400	-0,0110	17,667	0,77919	1,132	7,88	-0,04
01:40:00	13,256	4,1600	-0,0110	17,558	0,75502	1,139	8,32	-0,04
01:48:00	13,256	4,5600	-0,0120	17,358	0,76369	1,152	9,12	-0,05
 LABORATORISTA		 DIRECTOR TÉCNICO						

		<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDADO DRENADO</b>		Codigo: PML-F27
				Fecha: 01.11.2015
				Version 2
OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC			
INTERESADO:	Oscar Patiño			
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta			
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro			
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHAINFORME:	12 de julio de 2017
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)			
<b>MUESTRA N°-2</b>				
<b>CURVAS DE DESPLAZAMIENTO</b>				
				
<b>CARGA- DESPLAZAMIENTO</b>				
				
 Laboratorista		 Director Técnico		

		<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDADO DRENADO</b>		Codigo:PML-F27				
				Fecha: 01.11.2015				
				Version 2				
OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC							
INTERESADO:	Oscar Patiño							
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta							
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro							
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHA INFORME:	12 de julio de 2017				
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)							
<b>MUESTRA N°-3</b>								
<b>CARECTERISTICAS INICIALES</b>			<b>ETAPA DE CONSOLIDACION</b>		<b>OTROS DATOS</b>			
Peso Probeta (g)	82,00	Lectura inicial	Lectura final	Vel (mm/min)	0,04			
Altura (cm)	2,50	Defor. (mm)	Defor. (mm)	Bravo de carga	10			
Diametro (cm)	5,00	0,000	-1,304					
Area (cm <sup>2</sup> )	19,635	<b>HUMEDAD NATURAL</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	46,53	Humedad	Inicial	Final				
P. unitario total g <sub>t</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,762	Recipiente No	1	2				
P. unitario seco g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,518	P <sub>1</sub> (g)	253,40	75,20				
<b>CARGA INICIAL</b>		P <sub>2</sub> (g)	228,20	62,20				
Carga Normal (Kg)	4,00	P <sub>3</sub> (g)	71,80	5,40				
Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	2,037	Wn (%)	16,11	22,89				
<b>DATOS Y RESULTADOS DE LA FALLA</b>								
Tiempo	Lectura de Carga Kg	DEFORMACIÓN		Area Corregida cm <sup>2</sup>	ESFUERZO		DEFORMACIÓN UNITARIA	
		Horizontal (mm)	Vertical (mm)		Corte Kg/cm <sup>2</sup>	Normal Kg/cm <sup>2</sup>	Horizontal %	Vertical %
00:00:00	0,000	0,0000	0,0000	19,635	0,00000	2,037	0,00	0,00
00:10:40	0,510	0,0600	0,0000	19,605	0,02601	2,040	0,12	0,00
00:13:20	1,020	0,1200	0,0000	19,575	0,05209	2,043	0,24	0,00
00:14:40	1,530	0,1600	0,0000	19,555	0,07822	2,046	0,32	0,00
00:16:40	2,039	0,2300	0,0000	19,520	0,10448	2,049	0,46	0,00
00:18:40	2,549	0,3100	0,0000	19,480	0,13087	2,053	0,62	0,00
00:20:00	3,059	0,3600	-0,0030	19,455	0,15724	2,056	0,72	-0,01
00:22:00	3,569	0,4300	-0,0030	19,420	0,18378	2,060	0,86	-0,01
00:25:20	4,079	0,5600	-0,0210	19,355	0,21074	2,067	1,12	-0,08
00:26:40	4,589	0,6200	-0,0310	19,325	0,23745	2,070	1,24	-0,12
00:28:40	5,099	0,7000	-0,0470	19,285	0,26438	2,074	1,40	-0,19
00:30:00	5,608	0,7600	-0,0530	19,255	0,29127	2,077	1,52	-0,21
00:32:00	6,118	0,8500	-0,0670	19,210	0,31850	2,082	1,70	-0,27
00:34:00	7,648	0,9600	-0,0810	19,155	0,39926	2,088	1,92	-0,32
00:35:20	8,158	1,0200	-0,0870	19,125	0,42655	2,092	2,04	-0,35
00:37:20	8,668	1,1100	-0,0870	19,080	0,45427	2,096	2,22	-0,35
00:39:20	10,197	1,2300	-0,0870	19,020	0,53613	2,103	2,46	-0,35
00:40:40	10,707	1,2900	-0,0870	18,990	0,56382	2,106	2,58	-0,35
00:42:40	11,217	1,4000	-0,0880	18,935	0,59238	2,112	2,80	-0,35
00:45:20	12,746	1,5600	-0,0890	18,855	0,67602	2,121	3,12	-0,36
00:46:40	13,256	1,6200	-0,0890	18,825	0,70418	2,125	3,24	-0,36
00:50:00	13,766	1,7800	-0,0890	18,745	0,73438	2,134	3,56	-0,36
00:52:00	14,786	1,9000	-0,0890	18,685	0,79131	2,141	3,80	-0,36
00:52:40	15,296	1,9200	-0,0890	18,675	0,81903	2,142	3,84	-0,36
00:53:20	15,806	1,9500	-0,0890	18,660	0,84702	2,144	3,90	-0,36
00:56:40	16,315	2,1000	-0,0890	18,585	0,87786	2,152	4,20	-0,36
00:59:20	16,825	2,2100	-0,0890	18,530	0,90798	2,159	4,42	-0,36
01:00:00	17,845	2,2600	-0,0890	18,505	0,96431	2,162	4,52	-0,36
01:01:20	18,355	2,3100	-0,0890	18,481	0,99320	2,164	4,62	-0,36
01:04:00	18,865	2,4200	-0,0890	18,426	1,02383	2,171	4,84	-0,36
01:06:00	19,375	2,5200	-0,0890	18,376	1,05436	2,177	5,04	-0,36
01:06:40	19,884	2,5300	-0,0890	18,371	1,08240	2,177	5,06	-0,36
01:10:00	20,394	2,6200	-0,0890	18,326	1,11288	2,183	5,24	-0,36
01:12:40	20,904	2,7100	-0,0890	18,281	1,14350	2,188	5,42	-0,36
01:19:20	21,414	2,9700	-0,0890	18,151	1,17977	2,204	5,94	-0,36
01:28:00	21,924	3,3800	-0,1600	17,946	1,22163	2,229	6,76	-0,64
01:30:40	22,434	3,5200	-0,1600	17,877	1,25492	2,238	7,04	-0,64
01:31:20	21,924	3,5500	-0,1600	17,862	1,22743	2,239	7,10	-0,64
01:58:00	21,924	4,9300	-0,1600	17,174	1,27657	2,329	9,86	-0,64
								



**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL  
CORTE, CONSOLIDADO DRENADO**

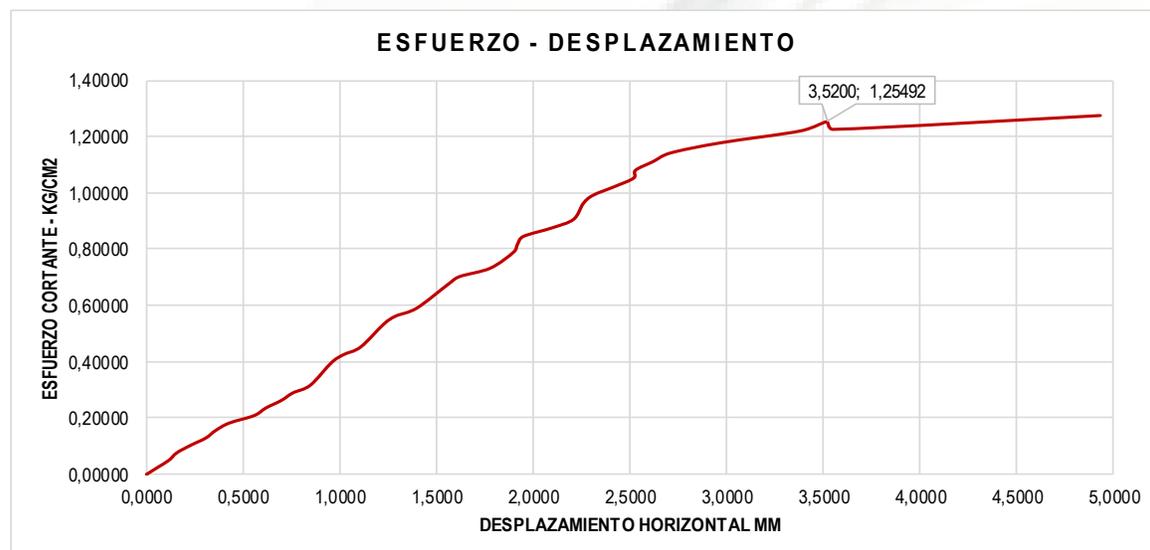
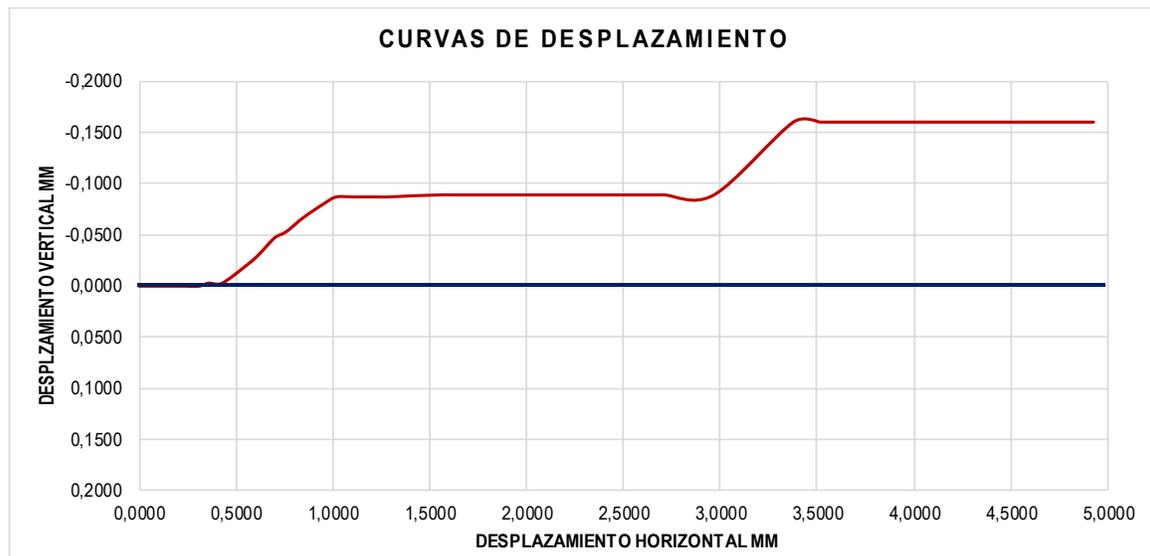
Codigo:PML-F27

Fecha: 01.11.2015

Version 2

OBJETO:	Predimensionamiento del tanque elevado para la finca UCC		
INTERESADO:	Oscar Patiño		
LUGAR:	Finca La Vitrina, Vereda La Llanerita en el Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta		
DESCRIPCION:	Arena Limosa color Café oscuro		
SONDEO N°	1	PROFUNDIDAD: 0.60 - 1.95	FECHAINFORME: 12 de julio de 2017
NORMA TECNICA:	I.N.V.E. 154-14, (ASTM D 3080, ICONTEC 1917, AASHTO T 236)		

**MUESTRA N°-3**



*[Signature]*  
Laboratorista

*[Signature]*  
Director Técnico