YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
M.P. T.P.25202233562CDN

VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL – POZOS DE INSPECCIÓN Y CAJAS DOMICILIARIAS, ARAUQUITA (ARAUCA)

DISEÑADOR:

YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS

INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

OCTUBRE DE 2026

Contenido

1. Memoria de cálculo estructural – Pozos de inspección y cajas domiciliarias, Arauquita (Arauca).3

1.1 1. Introducción 3

1.2 2. Normativa y materiales 3

1.3 3. Tipos de elementos 4

1.4 4. Supuestos y parámetros de sitio 4

1.5 5. Espectro de diseño NSR-10 (A.2) 6

1.6 6. Cargas y combinaciones 7

1.7 7. Placa de cubierta (Ø1,60 m, e = 0,20 m) 10

1.8 8. Cilindro del pozo (D = 1,20 m, e = 0,20 m) 11

1.9 9. Placa base (Ø1,80 m) y flotación 12

1.10 10. Elementos menores y accesorios 13

1.11 11. Verificación del despiece frente al plano 15

1.12 12. Conclusiones y recomendaciones 15

1.13 13. Cajas de inspección domiciliarias 16

13.1 Geometría e hipótesis 16
13.2 Modelo de elementos finitos y cargas 17
13.3 Resultados en los muros 19
13.4 Tapa de concreto 20
13.5 Base y flotación 20
13.6 Conclusiones y recomendaciones 21

1. *Memoria de cálculo estructural – Pozos de inspección y cajas domiciliarias, Arauquita (Arauca)*

1.1 1. Introducción

Esta memoria verifica los elementos de concreto reforzado del plano 5/5 «Detalles estructurales pozos de inspección» del proyecto *Ampliación de las redes de acueducto y alcantarillado en el casco urbano del municipio de Arauquita, Arauca* (agosto de 2026), bajo NSR-10 y RAS 2000.

Elemento	Geometría leída del plano
Cuerpo (cilindro) del pozo	Diámetro interior 1,20 m, espesor 0,20 m, diámetro exterior 1,60 m, profundidad variable
Placa de cubierta	Ø1,60 m, espesor 0,20 m, abertura de acceso Ø0,60 m con aro-tapa
Placa base	Ø1,80 m, espesor 0,20 m, malla de barras #4
Empate pozo–tubería	Collar de concreto de 28 MPa para tuberías Ø8"–24"
Caja de inspección domiciliaria	Planta ≈ 0,70 × 0,70 m, muros en ladrillo de 0,15 m, base y tapa de concreto, cañuela
Cimentación de tubería Ø200 mm	Tipos I (zanja h ≥ 1,20 m) y II (h < 1,20 m), ancho B = Ø + 0,60 m
Detalles menores	Agarradera, escalón de varilla Ø1/2", cañuela

1.2 2. Normativa y materiales

El diseño sigue NSR-10 (Títulos A, B y C, incluido C.23 para estructuras de ingeniería ambiental) y las exigencias de seguridad y durabilidad del RAS 2000 para estructuras de alcantarillado. La carga vehicular se toma del camión C40-95 que indica el plano.

Material	Uso	Valor (plano)
Concreto f'c = 21 MPa (210 kg/cm²)	Cilindro, placa de cubierta, aro-tapa	21 MPa
Concreto f'c = 28 MPa (280 kg/cm²)	Placa base, cañuela, empate	28 MPa
Concreto pobre f'c = 14 MPa	Solado, cimentación de tubería	14 MPa
Acero de refuerzo fy = 420 MPa	NTC 2289 grado 60	420 MPa
Recubrimiento mínimo	Nota 2 del plano	50 mm

Propiedades derivadas: módulo del concreto $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$ → 21,5 GPa (21 MPa) y 24,9 GPa (28 MPa); peso del concreto reforzado 24 kN/m³; Poisson 0,20.

1.3 3. Tipos de elementos

El pozo es una cámara cilíndrica de concreto reforzado de cuatro componentes principales y varios accesorios. Cada uno se calcula en las secciones 7 a 10.

Elemento	Función estructural	Modelo de cálculo	Sección
Placa de cubierta Ø1,60 con abertura Ø0,60	Recibe la rueda del camión por el aro-tapa y la lleva al cilindro	Placa anular axisimétrica, apoyo simple en el eje del muro	7
Cilindro D = 1,20 m, e = 0,20 m	Resiste empuje de suelo, agua y sismo; transmite la carga vertical	Anillo a compresión + cáscara empotrada en la base	8
Placa base Ø1,80 m	Reparte la carga al suelo y resiste la subpresión	Placa circular con carga anular del muro	9
Flotación del conjunto	Estabilidad con nivel freático alto	Equilibrio de pesos y subpresión	9
Aro-tapa, agarradera, escalón, empate	Accesorios embebidos en el concreto	Verificación local	10
Caja domiciliaria (tapa, base, cañuela)	Cámara de conexión de acometida en andén	Placa simple apoyada	10
Cimentación de tubería Ø200 mm	Cama y relleno de la tubería	Carga de Marston en zanja	10

1.4 4. Supuestos y parámetros de sitio

Los parámetros geotécnicos y sísmicos vienen del estudio de suelos de marzo de 2026 (Suelos & Geotecnia, Arauquita). Los marcados **ADOPTADOS** no los define ni el plano ni el estudio y están en proceso de validación antes de emitir los planos para construcción.

Parámetro	Valor	Origen
Perfil de suelo	Tipo E: arcilla CL de baja plasticidad, consistencia media a semidura	Estudio, sección 3.1
Aa / Av	0,20 / 0,15 (amenaza sísmica intermedia)	Estudio, sección 3.4
Fa / Fv	1,70 / 3,35	Estudio, sección 3.4
Coeficiente de importancia	I = 1,50 (grupo IV)	Estudio, sección 3.5
Peso unitario del suelo	γ = 17,5 kN/m³ (1,782 t/m³)	Estudio, sección 4.3

Parámetro	Valor	Origen
Resistencia y presión de tierras	cu = 40 kPa, $\phi = 3° \rightarrow$ K0 = 1 – sen ϕ = 0,95; Ka = 0,90 y Kp = 1,11	Estudio, sección 4.3; K0 calculado aquí
Nivel freático	4,46 a 5,85 m, promedio 5,20 m; se usa 4,46 m	Estudio, sondeos
Capacidad portante	q adm = 99 kPa (9,9 t/m²), Ø1,20 m, desplante mínimo 1,50 m; asentamiento esperado 8,5 mm	Estudio, secciones 4.3 y 7 (da 9,9 y 10,83 t/m²; se usa el menor)
Módulo de reacción vertical	ks = 5 951 kN/m³ (B = 2,0 m)	Estudio, sección 4.6
Expansividad	Potencial bajo (IP < 20 %)	Estudio, sección 4.7
Profundidad del pozo	H = 2,0 m como caso típico (excavación máxima de tubería 1,66 m); verificación hasta 6,0 m	ADOPTADO (el plano dice «variable»)
Carga vehicular	Rueda de 80 kN × impacto 1,33 = 106 kN en el aro-tapa	ADOPTADO, equivalente al eje trasero del C40-95; verificar contra CCDSP-95
Sobrecarga	12 kPa lateral equivalente; 10 kPa sobre la cubierta	ADOPTADO
Coeficiente de durabilidad	Sd = 1,30 sobre momentos de las placas	ADOPTADO (criterio de C.23, NSR-10)

Supuestos de modelación:

- Las placas se resuelven como placas axisimétricas de Kirchhoff con v = 0,20; el resultado se obtuvo integrando la ecuación diferencial de la placa, sin tablas aproximadas.
- La placa de cubierta se apoya de forma simple en el eje del muro (r = 0,70 m).
- El aro-tapa transmite la rueda como carga lineal anular en r = 0,35 m.
- El sismo se trata de forma pseudoestática (Seed-Whitman) y se aplica de manera axisimétrica, lo que es conservador para el anillo.
- El suelo es cohesivo y se trabaja en esfuerzos totales, con K0 = 0,95 en reposo; bajo el nivel freático (4,46 m) se usa γ' y se suma la presión del agua.
- Solo los pozos de más de 4,3 m quedan sumergidos en parte; con la cámara vacía es el caso crítico de flotación.

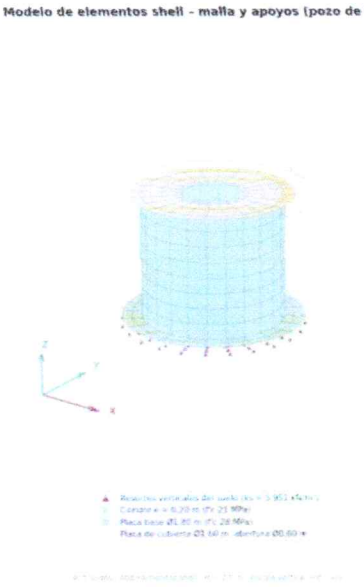


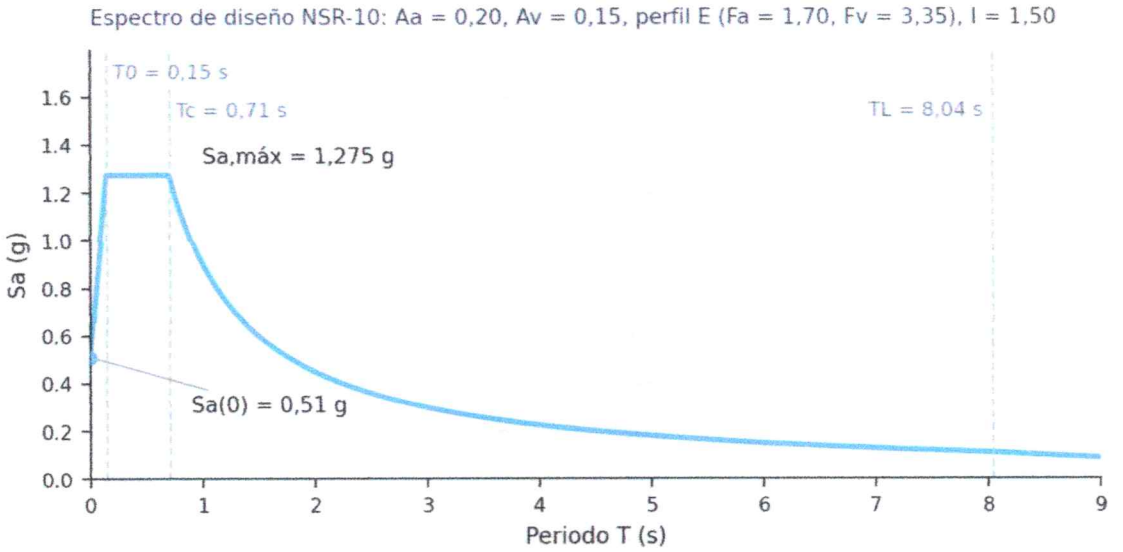
Figura 1. Modelo SAP2000 del pozo de 2,0 m: 408 elementos shell y resortes verticales del suelo bajo la base, con ks = 5 951 kN/m³ (escala vertical reducida).

1.5 5. Espectro de diseño NSR-10 (A.2)

Con los parámetros del estudio de suelos (perfil E, Aa = 0,20, Av = 0,15, I = 1,50), el espectro de diseño de la NSR-10 llega a Sa = 1,275 g entre T = 0,15 s y T = 0,71 s y cae a 0,11 g en TL = 8,04 s.

Parámetro	Valor
Aa · Fa	0,20 × 1,70 = 0,340
Av · Fv	0,15 × 3,35 = 0,5025
T0 = 0,1 · Av·Fv / (Aa·Fa)	0,15 s
Tc = 0,48 · Av·Fv / (Aa·Fa)	0,71 s
TL = 2,4 · Fv	8,04 s
Sa máxima = 2,5 · Aa·Fa·I	1,275 g
Sa en T = 0 = Aa·Fa·I	0,51 g

$$S_a = \begin{cases} 2.5\,A_a F_a I\,(0.4 + 0.6\,T/T_0) & T < T_0 \\ 2.5\,A_a F_a I & T_0 \le T \le T_C \\ 1.2\,A_v F_v I / T & T_C < T \le T_L \\ 1.2\,A_v F_v T_L\,I / T^2 & T > T_L \end{cases}$$



calculado con las expresiones A.2.6 de la NSR-10 y los parámetros de la sección 4 · T de 0 a 9 s

El pozo no tiene periodo propio apreciable, por eso el espectro se usa solo en el extremo T = 0: kh = Sa(0) = Aa·Fa·I = 0,51 gobierna el incremento sísmico de presión del suelo de la sección 6.

1.6 6. Cargas y combinaciones

La presión lateral en la base del cilindro es 44,5 kPa con H = 2,0 m en suelo seco y llega a 94,6 kPa con H = 5,0 m, donde el nivel freático a 4,46 m suma la presión del agua.

Cargas consideradas

- **D (muerta):** peso propio del concreto a 24 kN/m³; placa de cubierta 4,8 kPa; cilindro 0,88 m² × 24 = 21,1 kN por metro de altura.
- **H (empuje de suelo en reposo):** K0 = 0,95 y γ = 17,5 kN/m³ del estudio de suelos, con sobrecarga lateral de 12 kPa; la presión hidrostática se suma solo bajo el nivel freático (4,46 m).
- **F (agua):** subpresión sobre la placa base, γw × (H + 0,20 − 4,46); vale cero mientras la base quede sobre el nivel freático (H ≤ 4,26 m).
- **L (viva):** rueda de 106 kN con impacto sobre el aro-tapa; 10 kPa sobre la cubierta; 12 kPa de sobrecarga lateral equivalente.
- **E (sismo):** incremento dinámico de presión del suelo (Seed-Whitman) con kh = Aa·Fa·I = 0,20 × 1,70 × 1,50 = 0,51.

$$p(z) = K_0 \gamma z + K_0 q_s \quad (z \le d_w) \qquad p(z) = K_0[\gamma d_w + \gamma'(z - d_w)] + \gamma_w (z - d_w) + K_0 q_s \quad (z > d_w)$$

$$\Delta p_E = \tfrac{3}{8} k_h \gamma H$$

H (m)	p en la base (kPa)	Δp sísmico (kPa)	Subpresión u (kPa)
1,5	36,2	5,0	0

H (m)	p en la base (kPa)	Δp sísmico (kPa)	Subpresión u (kPa)
2,0	44,5	6,7	0
3,0	61,1	10,0	0
4,0	77,7	13,4	0
5,0	94,6	16,7	7,3
6,0	111,7	20,1	17,1

Con $\gamma' = 17{,}5 - 9{,}81 = 7{,}69\ kN/m^3$ y dw = 4,46 m.

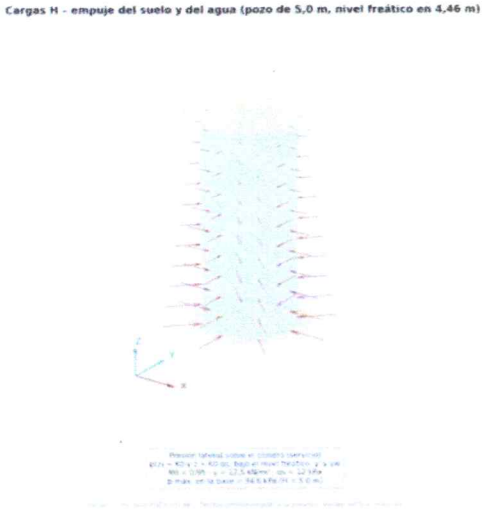


Figura 2. Patrón H en el pozo de 5,0 m: presión lateral máxima de 94,6 kPa en la base.

Cargas F (subpresión) y L (rueda y sobrecarga en la cubierta)

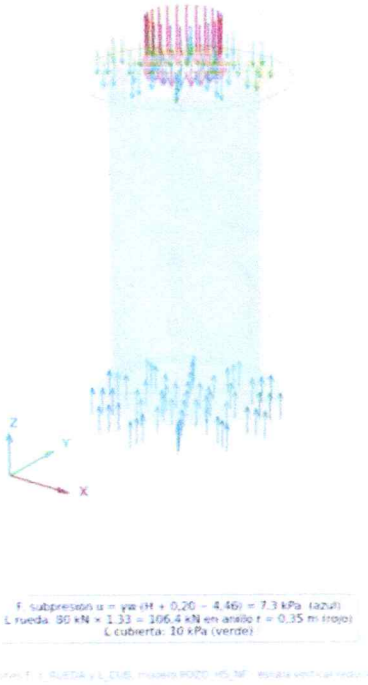


Figura 3. Patrones F (subpresión de 7,3 kPa), L de rueda (106,4 kN en el anillo r = 0,35 m) y L de cubierta (10 kPa).

Carga E - incremento sísmico de presión (Seed-Whitman, pseudoestático)

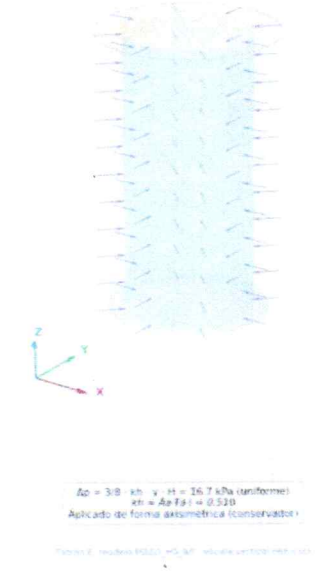


Figura 4. Patrón E: incremento sísmico Seed-Whitman de 16,7 kPa en el pozo de 5,0 m, aplicado de forma axisimétrica.

Combinaciones de diseño (NSR-10 B.2.4)

1. U1 = 1,4 (D + F)
2. U2 = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H + 1,4 F
3. U3 = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L + 1,6 H
4. U4 = 0,9 D + 1,0 E + 1,6 H
5. Flotación (servicio): FS = ΣD resistente / subpresión ≥ 1,10, sin factores de carga

El momento de las placas se multiplica además por el coeficiente de durabilidad Sd = 1,30.

1.7 7. Placa de cubierta (Ø1,60 m, e = 0,20 m)

La rueda del camión genera un momento circunferencial de 40,4 kN·m/m en el borde de la abertura; los anillos de barras #4 a 0,11 m lo resisten con una utilización de 94 % una vez aplicado Sd.

Modelo. Placa anular con borde interior libre (r = 0,30 m), apoyo simple en el eje del muro (r = 0,70 m) y carga anular del aro-tapa en r = 0,35 m. Altura útil d = 200 − 50 − 10 = 140 mm.

Cargas mayoradas.

$$Q_u = 1{,}6 \times 1{,}33 \times 80 = 170{,}2\ \text{kN} \quad \Rightarrow \quad w_u = \frac{Q_u}{2\pi\,(0{,}35)} = 77{,}4\ \text{kN/m}$$

$$q_u = 1{,}2\,(4{,}8) + 1{,}6\,(10) = 21{,}8\ \text{kPa}$$

Resultado de la integración de la placa.

Efecto	Valor	Ubicación
Mθ máximo (tracción en cara inferior)	40,4 kN·m/m	Borde de la abertura, r = 0,30 m
Mr máximo	5,4 kN·m/m	r = 0,37 m
Cortante radial a d de la carga (r = 0,49 m)	58,6 kN/m	Corona de apoyo

Flexión circunferencial (anillos).

$$\phi M_n = \phi\, A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right), \qquad a = \frac{A_s f_y}{0{,}85\, f'_c\, b}$$

Concepto	Valor
As requerida para Mu = 40,4 kN·m/m	8,2 cm²/m
As requerida con Sd = 1,30 (Mu = 52,5 kN·m/m)	10,9 cm²/m
Anillos #4 c/0,11 m (referencia del plano)	11,7 cm²/m, ϕMn = 56,0 kN·m/m
Utilización	52,5 / 56,0 = 0,94

Flexión radial. Mr = 5,4 kN·m/m exige 1,0 cm²/m, por debajo del mínimo de C.10.5.1 (1,4/fy · b · d = 4,67 cm²/m). Rige el mínimo: unas 30 barras #3 radiales, escalonadas en la corona de 0,50 m.

Cortante.

- Una dirección a d de la carga: Vu = 58,6 kN/m ≤ ϕVc = 0,75 × 0,17 √f'c · b · d = 81,8 kN/m (0,72).
- Punzonamiento: bo = 2π (0,40 + 0,07) = 2,95 m; ϕVc = 0,75 × 0,33 √f'c · bo · d = 469 kN ≥ Qu = 170 kN (0,36).

Conclusión. La cubierta cumple si el plano entrega al menos #4 c/0,11 m en anillos de la cara inferior alrededor de la abertura y un mínimo radial #3. Es la zona con menor margen de todo el pozo: la carga de rueda real del C40-95 debe confirmarse, porque un aumento de 6 % en la rueda agota el anillo.

1.8 8. Cilindro del pozo (D = 1,20 m, e = 0,20 m)

El cilindro trabaja casi todo como anillo comprimido (utilización 0,05 a 5 m de profundidad y 0,02 en el pozo típico de 2,0 m); el refuerzo lo define el acero mínimo, no el cálculo.

Compresión de anillo. Con la combinación U3 (la mayor), a H = 5,0 m y nivel freático en 4,46 m:

$$p_u = 1.6(94.6) + 16.7 = 168.1 \text{ kPa} \quad \Rightarrow \quad N_u = p_u R = 168.1 \times 0.70 = 117.7 \text{ kN/m}$$

$$\phi P_n = 0{,}65 \times 0{,}85 f'_c \, t \cdot 1\,\text{m} = 2321 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow \quad N_u/\phi P_n = 0{,}05$$

Tracción de anillo (cámara llena sin relleno exterior). Es el caso de prueba de estanqueidad: T = γw · H · Ri. Con H = 5,0 m, T = 9,81 × 5,0 × 0,60 = 29,4 kN/m y As = 1,4 × 29,4 × 1,30 / (0,9 × 420) = 1,42 cm²/m; con H = 2,0 m, T = 11,8 kN/m y As = 0,57 cm²/m.

Flexión vertical por empotramiento en la base. La cáscara larga (βH ≈ 17) concentra el momento en los primeros 0,9 m sobre la base:

$$\beta = \left[\frac{3(1-\nu^2)}{R^2 t^2}\right]^{1/4} = 3.48 \text{ m}^{-1} \qquad M_0 = \frac{p R t \sqrt{3(1-\nu^2)}}{6(1-\nu^2)} \approx 0.295\, p R t$$

H (m)	Nu U3 (kN/m)	M0 servicio (kN·m/m)	Mu con 1,6 y Sd (kN·m/m)	As requerida (cm²/m)
1,5	44,1	1,50	3,1	0,59

H (m)	Nu U3 (kN/m)	M0 servicio (kN·m/m)	Mu con 1,6 y Sd (kN·m/m)	As requerida (cm²/m)
2,0	54,6	1,84	3,8	0,73
3,0	75,5	2,52	5,2	1,00
4,0	96,4	3,21	6,7	1,28
5,0	117,6	3,90	8,1	1,55
6,0	139,1	4,61	9,6	1,84

Acero mínimo (NSR-10 C.14.3, barras ≤ #5 con fy = 420 MPa).

Dirección	Cuantía	As total	Por cara
Horizontal (aros)	0,0020	4,0 cm²/m	2,0 cm²/m
Vertical	0,0012	2,4 cm²/m	1,2 cm²/m

Una malla #3 c/0,30 m en cada cara (2,37 cm²/m por cara) cumple ambas direcciones con holgura sobre lo calculado, incluso con K0 = 0,95. Para estructuras sanitarias es prudente subir a 0,003 horizontal (#3 c/0,20 m por cara), criterio de durabilidad que el RAS 2000 deja al diseñador.

Conclusión. El espesor de 0,20 m y la malla #3 c/0,30 por cara resisten hasta 6 m de profundidad con el nivel freático a 4,46 m. La zona de la base requiere empotramiento continuo de las barras verticales en la placa base.

1.9 9. Placa base (Ø1,80 m) y flotación

La placa base resiste con holgura (se requieren 2,1 cm²/m y la malla #4 aporta 8,6). La presión sobre el suelo, 66 kPa en el pozo de 2,0 m y 91 kPa en el de 5,0 m, queda bajo el q admisible de 99 kPa del estudio; con el nivel freático a 4,46 m la flotación deja de ser crítica.

Flexión. La placa se modeló como disco circular con la carga anular del muro en r = 0,70 m y reacción uniforme hacia arriba. Altura útil d = 140 mm, f'c = 28 MPa.

Caso	Carga anular del muro	Reacción hacia arriba	Mu máximo
A. Pozo de 2,0 m con rueda sobre la tapa (U2)	52,5 kN/m	90,7 kPa	6,3 kN·m/m (tracción arriba en el centro); 2,6 kN·m/m abajo
B. Pozo de 5,0 m con rueda sobre la tapa (U2)	69,8 kN/m	120,6 kPa	8,3 kN·m/m (tracción arriba en el centro); 3,5 kN·m/m abajo

Con Sd = 1,30 el caso B da Mu = 10,8 kN·m/m y As = 2,07 cm²/m (caso A: 1,6 cm²/m). El mínimo de C.10.5.1 (4,67 cm²/m) rige; la malla #4 c/0,15 m del plano (8,6 cm²/m, ϕMn = 43,0 kN·m/m) lo supera con una utilización de 0,25.

Cortante a d del muro. En r = 0,46 m: Vu = q · r / 2 = 120,6 × 0,46 / 2 = 27,7 kN/m ≤ ϕVc = 0,75 × 0,17 √f'c · b · d = 94,5 kN/m (0,29); con el pozo de 2,0 m, Vu = 20,9 kN/m (0,22). El volado de 0,10 m fuera del muro no genera cortante crítico.

Presión sobre el suelo. En servicio, con rueda: 66,5 kPa con H = 2,0 m (0,67 del q admisible de 99 kPa) y 91,4 kPa con H = 5,0 m (0,92); con H = 6,0 m llega a 99,6 kPa brutos y 82,5 kPa netos de la subpresión de 17,1 kPa. El asentamiento esperado es 8,5 mm según el estudio y el desplante mínimo de 1,50 m se cumple en todo pozo de H ≥ 1,5 m.

Flotación (servicio, cámara vacía, nivel freático en 4,46 m).

$$FS = \frac{W_{cilindro} + W_{base} + W_{cubierta}}{\gamma_w \pi R_{fb}^2 (H + 0.20 - d_w)} \geq 1{,}10$$

H (m)	Peso propio (kN)	Subpresión (kN)	FS sin suelo	FS con suelo sobre el volado
2,0	62,7	0	Sin subpresión	Sin subpresión
4,0	105,0	0	Sin subpresión	Sin subpresión
5,0	126,1	18,5	6,82	8,0
6,0	147,2	43,4	3,39	4,0

Hasta H = 4,26 m la base queda sobre el nivel freático medido y no hay subpresión. Como sensibilidad, con el agua a 1,0 m de la rasante un pozo de 5,0 m tendría FS = 1,20 y con el agua en la superficie, FS = 0,97 sin contar el suelo sobre el volado (1,14 acreditándolo).

Conclusión. La placa base cumple por resistencia y por capacidad portante, y la flotación no gobierna con el nivel freático medido. Los sondeos del estudio son de marzo; conviene confirmar el nivel freático en época de lluvias antes de construir pozos de más de 4,3 m.

1.1010. Elementos menores y accesorios

Todos los accesorios cumplen por resistencia; el único que depende de un supuesto de apoyo es el escalón de Ø1/2", que conviene subir a Ø5/8".

Elemento	Verificación	Resultado
Aro-tapa de hierro fundido	Apoyo sobre el concreto: Qu = 170 kN sobre un anillo de ≈ 0,22 m² (r = 0,30 a 0,40 m)	0,77 MPa, muy por debajo de ϕ·0,85·f'c = 11,6 MPa. Especificar clase D400 (EN 124) en vía y B125 en andén

Elemento	Verificación	Resultado
Agarradera #4	Carga de diseño 1,5 kN × 1,6 = 2,4 kN; ϕT_n = 0,9 × 420 × 129 mm² = 48,8 kN	Utilización 0,05; basta el gancho estándar de 150 mm dentro de la placa de 0,20 m
Escalón Ø1/2" (#4), luz libre 0,30 m	Mu = 1,6 × 1,5 × 0,30 / 4 = 0,18 kN·m simplemente apoyado, 0,09 kN·m empotrado; $\phi M_n = 0,9 \cdot f_y \cdot d^3/6$ = 0,129 kN·m	Cumple solo con empotramiento en ambos extremos. Con Ø5/8" ϕM_n = 0,25 kN·m ≥ 0,18 y no depende del apoyo
Empate pozo–tubería (Ø hasta 24")	El hueco de 0,61 m corta 1,4 cm² de acero horizontal y vertical por cara	Reponer el acero cortado con 2 #4 por lado del hueco, prolongadas 40 diámetros más allá
Tapa de caja domiciliaria	Placa cuadrada simple apoyada, luz 0,70 m, e ≈ 0,07 m, d = 45 mm; qu = 1,2 (1,7) + 1,6 (5) = 10,0 kPa; $M = 0,0479 \cdot qu \cdot l^2$ = 0,24 kN·m/m	#3 c/0,10 m (7,1 cm²/m): ϕM_n = 9,8 kN·m/m, utilización 0,02. Válida solo para andén peatonal
Base y cañuela de la caja	Concreto simple sobre suelo, sin flexión significativa	Sin cálculo; respetar espesor y pendiente del plano
Muros de ladrillo de 0,15 m	Quedan fuera de esta memoria (mampostería, NSR-10 Título D)	Verificar en memoria de mampostería con H máximo de la caja

Cimentación de tubería Ø200 mm (tipos I y II). La carga de suelo sobre la tubería en zanja de ancho B = Ø + 0,60 = 0,80 m se calcula con Marston, con γ = 17,5 kN/m³ del estudio y Kμ' = 0,13 para arcilla (ADOPTADO):

$$W_d = C_d \gamma B^2, \qquad C_d = \frac{1 - e^{-2K\mu' H/B}}{2K\mu'}, \qquad K\mu' = 0,13$$

Profundidad H (m)	Cd	Wd (kN/m)
1,20 (excavación típica)	1,24	13,9
1,70 (excavación máxima, 1,66 m en el estudio)	1,63	18,3

El estudio de suelos remite la cimentación de la tubería a la Resolución 0330 de 2017 y analiza la deflexión por tramo (sección 6.4); esa verificación gobierna sobre las cargas de referencia de esta tabla. La tubería debe comprobarse además por rigidez anular con el fabricante, porque el material (PVC, concreto) no está definido en el plano.

1.1111. Verificación del despiece frente al plano

El acero legible en el plano cubre lo calculado en todos los elementos, con una condición: los anillos inferiores de la cubierta deben ser #4 y no #3.

Elemento	Refuerzo leído en el plano	Requerido	Estado
Cilindro, aros	Fleje circular c/0,30 m (diámetro poco legible: #3 o Ø1/2")	≥ 2,0 cm²/m por cara (mínimo)	Cumple con #3 o #4
Cilindro, vertical	20 #3 en el perímetro (≈ 3,2 cm²/m de perímetro medio)	≥ 2,4 cm²/m	Cumple
Cubierta, anillos inferiores	Anillos cada ≈ 0,11 m, marcas #3 y #4	10,9 cm²/m (#4 c/0,11 = 11,7)	Cumple solo si son #4; con #3 (6,5 cm²/m) ϕMn = 32 kN·m/m < 52
Cubierta, radiales	Barras #3 y #4 escalonadas de 24 a 49 cm	≥ 4,67 cm²/m (mínimo)	Cumple; el escalonamiento es una lectura del plano
Placa base	Malla #4 c/0,15 m (deducida de las longitudes J a N)	≥ 4,67 cm²/m	Cumple (8,6 cm²/m)
Tapa de caja	#3 c/0,10 m	0,5 cm²/m	Cumple
Escalón	Ø1/2", L = 0,40 m	ϕMn ≥ 0,18 kN·m si no hay empotramiento	Cumple solo empotrado

Puntos que el diseñador debe resolver antes de construir:

1. Confirmar el diámetro de los anillos inferiores de la cubierta (#4) y la carga de rueda real del camión C40-95.
2. Fijar la profundidad máxima de los pozos (el estudio solo fija un desplante mínimo de 1,50 m y una excavación máxima de tubería de 1,66 m) y confirmar el nivel freático en época de lluvias.
3. Verificar que el perfil E y los parámetros del estudio de suelos representan la zona de cada pozo.
4. Cambiar el escalón a Ø5/8" o garantizar su empotramiento en ambos extremos.
5. Definir en el plano el refuerzo de borde alrededor del empate con tubería.
6. Precisar la tabla de despiece de las marcas J a N y F a K, hoy ilegible en el PDF.

1.1212. Conclusiones y recomendaciones

La geometría y el refuerzo del plano 5/5 resisten las cargas con los parámetros del estudio de suelos; la cubierta es la verificación con menor margen y las cajas domiciliarias necesitan columnetas de esquina.

Verificación	Resultado	Margen
Cilindro: compresión de anillo y flexión en la base	Rige acero mínimo	Utilización 0,05 en compresión
Placa base: flexión y cortante	Cumple con malla #4 c/0,15 m	0,25 y 0,29
Presión sobre el suelo (q adm = 99 kPa)	66 kPa con H = 2,0 m; 91 kPa con H = 5,0 m	0,67 y 0,92
Cubierta: flexión circunferencial	Cumple con anillos #4 c/0,11 m	0,94
Cubierta: cortante y punzonamiento	Cumple	0,72 y 0,36
Flotación con nivel freático en 4,46 m	No gobierna; FS = 6,8 con H = 5,0 m	Solo pozos de más de 4,26 m
Cajas: muros de ladrillo	Campo cumple hasta H = 1,5 m; esquinas superan 150 kPa	Esquina 1,09 a 1,69
Accesorios	Cumplen; escalón depende de empotramiento	0,70

Recomendaciones.

- Exigir anillos inferiores #4 c/0,11 m alrededor de la abertura y verificar la rueda real del C40-95.
- Confirmar el nivel freático en época de lluvias, porque los sondeos son de marzo; de él depende la flotación de los pozos de más de 4,3 m.
- Subir el refuerzo horizontal del cilindro a #3 c/0,20 m por cara para estructuras sanitarias y reponer el acero cortado en cada empate.
- Cambiar el escalón a Ø5/8" y especificar aro-tapa clase D400 en vía.
- Colocar columnetas de esquina en las cajas de H ≥ 1,0 m y construir en concreto reforzado las de H = 1,7 m.
- Confirmar los parámetros ADOPTADOS (sección 4), en particular la carga de rueda, la profundidad máxima de los pozos y la resistencia de la mampostería.

1.1313. Cajas de inspección domiciliarias

Con las presiones del estudio de suelos (K0 = 0,95), el campo de los muros de ladrillo de 0,15 m cumple hasta H = 1,5 m, pero las esquinas inferiores superan el límite adoptado de 150 kPa desde H = 1,0 m (164 kPa) y llegan a 253 kPa con H = 1,7 m. La tapa de concreto de 0,07 m sirve solo en andén peatonal.

13.1 Geometría e hipótesis

Elemento	Dato	Origen
Planta libre / exterior	0,70 × 0,70 m / 1,00 × 1,00 m	Plano (muros de 0,15 m)

Elemento	Dato	Origen
Muros	Ladrillo con pañete impermeabilizado 1:4, e = 0,15 m	Plano
Base	Concreto de 21 MPa, e = 0,10 m	ADOPTADO (espesor no indicado)
Tapa	Concreto de 21 MPa, e ≈ 0,07 m, #3 c/0,10 m	Plano
Altura H	1,0 / 1,2 / 1,5 / 1,7 m	ADOPTADO; el estudio fija la excavación máxima de tubería en 1,66 m
Mampostería	E = 3 150 MPa (f'm = 3,5 MPa, E = 900 f'm); tracción por flexión 0,15 MPa; cortante 0,10 MPa	ADOPTADO; confirmar con ensayos o NSR-10 Título D
Suelo y nivel freático	γ = 17,5 kN/m³, K0 = 0,95, sobrecarga lateral 12 kPa; nivel freático a 5,2 m, es decir seco	Estudio de suelos
Carga sobre la tapa	5 kPa peatonal + 1,5 kN puntual + peso propio 1,7 kPa	ADOPTADO
Tubería	Ø200 mm de entrada y salida a unos 0,38 m sobre la base	Plano

La tapa es removible, así que no arriostra los muros: estos trabajan como placas empotradas en la base y en las dos aristas verticales, con el borde superior libre.

$$p(z) = K_0 \gamma z + K_0 q_s$$

13.2 Modelo de elementos finitos y cargas

Los muros (ladrillo) y la base (concreto) se modelaron con 544 elementos de placa gruesa de 4 nodos, resueltos con el solver abierto PyNite. La base se apoya verticalmente en el suelo y las cargas se aplican como fuerzas nodales normales a los muros. La tapa se calcula aparte (13.4).

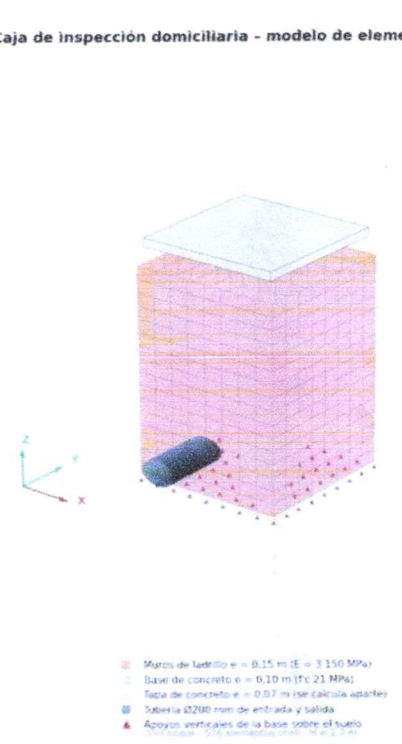


Figura 5. Modelo de la caja: muros de ladrillo, base, tubería de entrada y salida, y la tapa separada (escala vertical reducida).

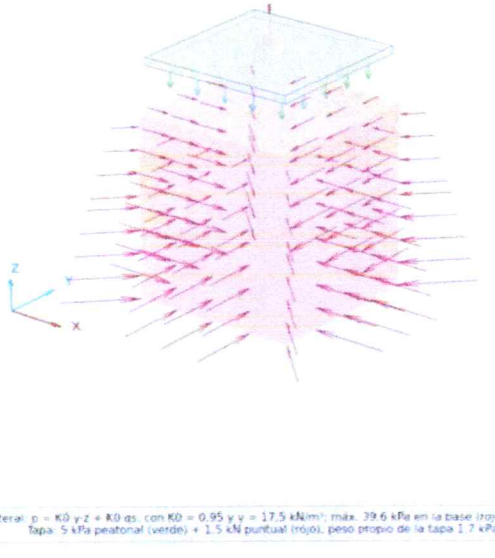


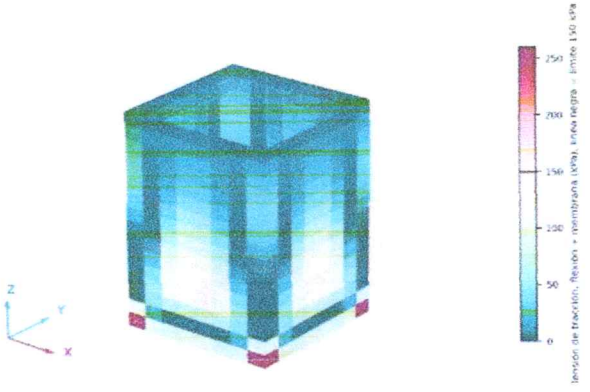
Figura 6. Presión lateral de suelo (39,6 kPa en la base con H = 1,7 m) y carga sobre la tapa.

13.3 Resultados en los muros

La tensión de tracción combina el efecto de membrana y el de flexión de cada elemento.

$$\sigma_t = \frac{N}{t} + \frac{6\,M}{t^2}, \qquad t = 0{,}15\ \text{m}$$

Caja de inspección - tensión máxima en los muros (H = 1,7 m, sin nivel freático)



Máxima tracción = 253 kPa en la esquina inferior (apoyo rígido; resto del muro ≤ 151 kPa) · Mmax = 1,03 kN·m/m · Vmax = 10,7 kN/m
Valores de servicio sin mayorar; resultados en el centroide de cada elemento

Figura 7. Mapa de tensión de tracción con H = 1,7 m; el máximo se concentra en la esquina inferior, junto al apoyo rígido.

H (m)	Nivel freático	p en la base (kPa)	M máx (kN·m/m)	Tracción en la esquina (kPa)	Tracción en el resto del muro (kPa)	V máx (kN/m)	Frente a 150 kPa
1,0	Seco	28,0	0,63	164	99	6,6	Esquina 109 %, resto 66 %
1,2	Seco	31,3	0,74	191	117	7,8	Esquina 127 %, resto 78 %

H (m)	Nivel freático	p en la base (kPa)	M máx (kN·m/m)	Tracción en la esquina (kPa)	Tracción en el resto del muro (kPa)	V máx (kN/m)	Frente a 150 kPa
1,5	Seco	36,3	0,91	231	137	9,5	Esquina 154 %, resto 91 %

Cortante: $\tau = 10{,}7 / 0{,}15 = 71$ kPa ≤ 100 kPa en el caso más desfavorable. Los valores son de servicio, sin mayorar; la esquina inferior se afecta por el apoyo rígido del modelo y es conservadora.

13.4 Tapa de concreto

Placa cuadrada simplemente apoyada de luz 0,70 m, e = 0,07 m y d = 45 mm.

$qu = 1{,}2\,(1{,}7) + 1{,}6\,(5{,}0) = 10{,}0$ kPa; $Mu = 0{,}0479 \cdot qu \cdot l^2 + 1{,}6\,(1{,}5) / 4 = 0{,}24 + 0{,}60 = 0{,}84$ kN·m/m

- Con #3 c/0,10 m (7,1 cm²/m): $\phi Mn = 9{,}8$ kN·m/m, utilización 0,09.
- Rueda de vehículo (106 kN sobre un parche de 0,25 m): punzonamiento $\phi Vc = 0{,}75 \times 0{,}33 \sqrt{f'c} \cdot bo \cdot d = 60$ kN frente a Qu = 170 kN. **No cumple**; la tapa de concreto de 0,07 m no admite tráfico.

13.5 Base y flotación

La base transmite unos 19 kPa al suelo (peso total de 19,1 kN sobre 1,0 m² con H = 1,7 m), muy por debajo del q admisible de 99 kPa, y su flexión es despreciable; basta el espesor nominal del plano. Con el nivel freático a 5,2 m no hay subpresión sobre una caja de 1,7 m:

H (m)	Peso propio (kN)	Subpresión (kN)	FS
1,0	12,7	0	Sin subpresión
1,5	17,2	0	Sin subpresión
1,7	19,1	0	Sin subpresión

La flotación no aplica con el nivel freático medido; la caja de 1,5 m solo llegaría a FS = 1,10 si el agua subiera hasta la superficie.

13.6 Conclusiones y recomendaciones

- Colocar columnetas de 0,15 × 0,15 m con 4 #3 en las cuatro esquinas de toda caja de H ≥ 1,0 m y una viga de amarre superior; sin ellas la tracción de la esquina inferior supera el límite adoptado.
- Usar la tapa de concreto solo en andén. En zona vehicular, especificar tapa de hierro dúctil clase D400 sobre marco anclado.
- Con H = 1,7 m el campo del muro ya está en el límite (151 kPa); para esa altura conviene construir los muros en concreto reforzado de 0,10 m.
- Con las recomendaciones anteriores, los pozos y cajas cumplen acorde con la NSR10 y el RAS 2000.

YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
25202233562 CDN

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS**, identificado con CC 1.118.536.580 expedida en Yopal (Casanare) en calidad de INGENIERO CIVIL, con Matricula profesional No. **25202233562 CND**, certifico que realicé el diseño estructural de los pozos de inspección, cajas de inspección domiciliarias y cajas de inspección para válvulas, para el proyecto **"AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**. Por lo anterior, manifiesto que es viable la construcción objeto del proyecto, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones en el diseño.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al ajuste al diseño estructural para el proyecto **"AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"** ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando a la Alcaldía municipal de Arauquita de cualquier responsabilidad.

Se expide a solicitud del interesado, a los catorce (14) días del mes de octubre de 2026

Cordialmente,

YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS
ING. CIVIL Especialista en Estructuras
M.P 25202233562 CND
C.C. 1.118.536.580 de Yopal

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

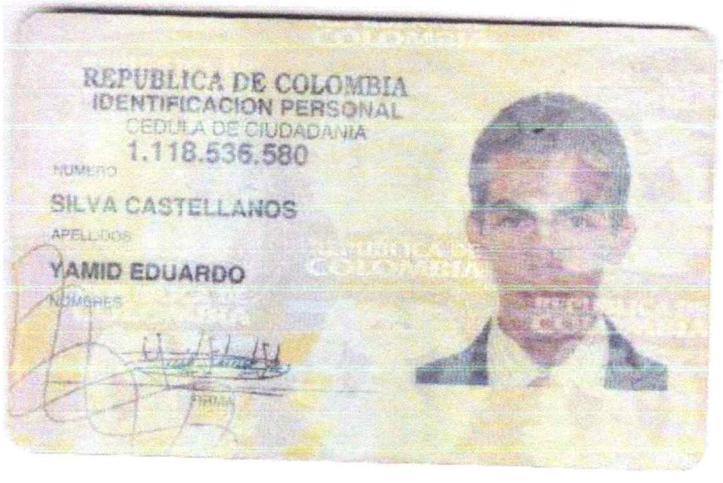
Yo **YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS**, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.118.536.580 expedida en Yopal (Casanare), en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. **25202233562 CND**, por medio del presente cedo plenamente los derechos a la Alcaldía de Arauquita del Diseño estructural de pozos de inspección, cajas de inspección domiciliarias y cajas de inspección para válvulas, del proyecto cuyo objeto es **"AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido por un acuerdo en concreto entre ambas partes a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Se expide a solicitud del interesado, a los catorce (14) días del mes de octubre de 2026.

Cordialmente

YAMID EDUARDO SILVA CASTELLANOS
ING. CIVIL Especialista en Estructuras
M.P 25202233562 CND
C.C. 1.118.536.580 de Yopal



REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
1.118.536.580
NUMERO
SILVA CASTELLANOS
APELLIDOS
YAMID EDUARDO
NOMBRES
FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 24-SEP-1987
YOPAL
(CASANARE)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.69 ESTATURA
A- G.S. RH
M SEXO
18-NOV-2005 YOPAL
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADORA NACIONAL
ALMABEATRIZ RENGIFO LOPEZ

P-4600100-70146808-M-1118536580-20060321 03498 06080A 02 185264995

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

25202233562CND

INGENIERO CIVIL

DE FECHA 16/08/2012

YAMID EDUARDO
SILVA CASTELLANOS
C.C. 1118536580
CORPORACION UNIVERSIDAD
PILOTO DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

LA CORPORACIÓN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

PERSONERÍA JURÍDICA RESOLUCIÓN No. [illegible] DEL [illegible] DE SEPTIEMBRE DE 1948, MINISTERIO DE JUSTICIA

CONFIERE EL TÍTULO DE

Ingeniero Civil

A

Yamid Eduardo Silva Castellanos

CÉDULA DE C. No. 1.118.536.580 EXPEDIDA EN Yopal

QUIEN CUMPLIÓ SATISFACTORIAMENTE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS EXIGIDOS POR LA UNIVERSIDAD, EN TESTIMONIO DE ELLO OTORGA EL PRESENTE DIPLOMA

EN LA CIUDAD DE Bogotá EL DÍA 27 DEL MES DE Abril DEL AÑO 2012

PRESIDENTE DE LA CORPORACIÓN

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD

DECANO DEL PROGRAMA

SECRETARIO GENERAL DE LA CORPORACIÓN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
ACTA DE GRADO No. IC - 559
LIBRO DE REGISTRO No. 17
FOLIO No. 14.800
FECHA 27.04.12

26522

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Yamid Eduardo Silva Castellanos

C. C. Nº 1.118.536.580 de Yopal

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista en Estructuras

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 17 días del mes de diciembre de 2015

Admisiones y Control
de Registro Académico
Diploma No. 094701
Libro de Registro No. 31
Folio No. 542
Fecha 17-12-2015

Rector

Secretario General

Decano

Coordinador