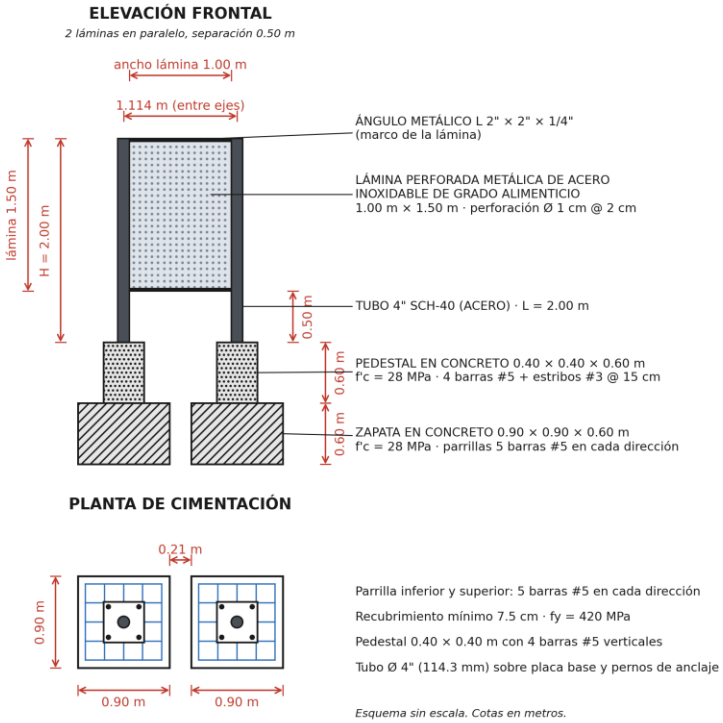
CALCULO: INGENIERO CARLOS ALBERTO ARAQUE PINEDA
MP 25202-135156 CND
Universidad Militar Nueva Granada



PROYECTO ATRAPA NIEBLAS
EMPRESAS PUBLICAS DE CUNDINAMARCA

SEPTIEMBRE 2026

Calle 24 #51-40, Bogotá
Capital Tower- Piso 7 y 11
Código Postal: 111321- Tel 601 795 44 80
contactenos@epc.com.co
www.epc.com.co

Contenido

Ref.: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD. 6

Introducción 7

Objetivo General 8

Objetivos Específicos 8

Parámetros Geométricos de la Estructura Captadora 9

Parámetros de Diseño Estructural 10

Parámetros de Cimentación 10

Parámetros Hidráulicos y de Captación 11

Parámetros del Sistema de Filtración AUTOFIL 12

Parámetros Ambientales y Operativos 13

Normatividad y Criterios Técnicos de Referencia 13

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL 13

Datos del Proyecto 14

Área de Cada Lámina 14

Área Total del Sistema 15

Cálculo de Porosidad 15

Área del orificio (perforación) 15

Área del módulo de influencia 15

Porosidad (ϕ) 15

Presión de Viento 16

Fuerza Horizontal sobre una Lámina 16

Efecto Túnel entre Láminas 16

Fuerza Total Corregida 16

Calle 24 #51-40, Bogotá
Capital Tower- Piso 7 y 11
Código Postal: 111321- Tel 601 795 44 80
contactenos@epc.com.co
www.epc.com.co

Momento de Volcamiento 17
Verificación Estructural del Tubo de 4” 17
Conclusión: el tubo de 4” cumple con la resistencia requerida 18
Verificación de Esbeltez 18
Análisis de Cimentación 18
Zapata de Ensayo: 0.70 m × 0.70 m × 0.40 m 18
Verificación de Estabilidad de la Zapata de Ensayo 19
Resultado: la zapata de ensayo no cumple; hay que aumentar su sección 19
Rediseño y Dimensionamiento de Nueva Zapata 19
Cálculo de Propiedades Estabilizadoras 19
Verificación Final de Estabilidad 20
Resultado: la zapata de 0.90 m × 0.90 m × 0.60 m cumple con la estabilidad al volcamiento 20
Detalle y Disposición del Refuerzo 20
Cuerpo de la Zapata 20
Pedestal de Conexión (0.40 m × 0.40 m × 0.60 m) 21
Sistema de Arriostramiento 21
Cuadro Resumen de Resultados 21
Elementos que Constituyen la Estructura 22
Procedimiento Constructivo 25
Sistema Atrapa Nieblas para Recolección de Agua 25
Empresas Públicas de Cundinamarca 25
Localización y Replanteo 25
Actividades 25
Consideraciones Técnicas 25

Calle 24 #51-40, Bogotá
Capital Tower- Piso 7 y 11
Código Postal: 111321- Tel 601 795 44 80
contactenos@epc.com.co
www.epc.com.co

Limpieza y Adecuación del Terreno 26
Actividades 26
Equipos Requeridos 26
Excavación para Cimentaciones 26
Actividades 26
Dimensiones de Referencia....26
Consideraciones 26
Construcción de Cimentación 27
Actividades 27
Refuerzo Estructural 27
Parámetros Técnicos 27
Instalación de Estructura Metálica....28
Actividades 28
Elementos Principales....28
Consideraciones 28
Instalación de Láminas Captadoras 28
Actividades 28
Parámetros de Instalación 29
Consideraciones....29
Instalación del Sistema Hidráulico....29
Actividades 29
Componentes 29
Instalación del Sistema de Filtración AUTOFIL 30
Actividades 30

Calle 24 #51-40, Bogotá
Capital Tower- Piso 7 y 11
Código Postal: 111321- Tel 601 795 44 80
contactenos@epc.com.co
www.epc.com.co

Características Técnicas 30
Consideraciones.....30
Pruebas y Puesta en Funcionamiento.....30
Actividades.....30
Ensayos Recomendados.....31
Capacitación Comunitaria.....31
Actividades.....31
Mantenimiento Preventivo.....31
Frecuencia Recomendada.....31
Seguridad Industrial y Ambiental 32
Recomendaciones.....32
Control de trabajos en altura. 32
Elementos de Protección 32
Conclusiones 32
Recomendaciones 33

Calle 24 #51-40, Bogotá
Capital Tower- Piso 7 y 11
Código Postal: 111321- Tel 601 795 44 80
contactenos@epc.com.co
www.epc.com.co

BOGOTA SEPTIEMBRE 2026

Señores
EMPRESA PUBLICAS DE CUNDINAMARCA
BOGOTA D.C

Ref.: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD.

Yo **CARLOS ALBERTO ARAQUE PINEDA,** ingeniero civil con Matrícula profesional **MP 25202135156 CND,** debidamente registrado en el Consejo Profesional de Ingeniería de Cundinamarca, presento el DISEÑO ESTRUCTURAL con Análisis de Vulnerabilidad, elaborado de acuerdo con los requerimientos de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE, DECRETO 926 de 2010, **PROYECTO ATRAPA NIEBLAS EMPRESAS PUBLICAS DE CUNDINAMARCA**
Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que a causa de ellos puedan deducirse, siempre y cuando el propietario acate las recomendaciones hechas por el ingeniero que verificó el predio, exonerando a la **EMPRESA PUBLICAS DE CUNDINAMARCA** de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la **EMPRESA PUBLICAS DE CUNDINAMARCA** no constituye una aprobación al diseño estructural, sino una verificación del cumplimiento de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE.

Atentamente

ing. Carlos Alberto Araque Pineda

m.p 25202-135156 CND

Introducción

Empresas Públicas de Cundinamarca, comprometida con el fortalecimiento de soluciones sostenibles para el abastecimiento hídrico de las comunidades rurales y zonas con limitaciones en el acceso al agua, desarrolla el presente programa de implementación de sistemas "Atrapa Nieblas", orientado a la recolección de agua atmosférica para uso agrícola y, de acuerdo con los resultados de calidad obtenidos, su posible aprovechamiento para consumo humano.

El proyecto consiste en la instalación de estructuras captadoras de niebla mediante láminas perforadas y sistemas de conducción y almacenamiento, diseñados para aprovechar la condensación natural de la humedad presente en el ambiente. Estas estructuras permiten captar agua de manera pasiva, sostenible y ambientalmente responsable, representando una alternativa eficiente frente a problemáticas de escasez hídrica y variabilidad climática en sectores rurales del departamento.

Como complemento al sistema de captación, se incorpora un sistema de potabilización comunitario tipo AUTOFIL, basado en tecnología de membrana de ultrafiltración de 0.02 micrones (20 nanómetros), capaz de garantizar altos estándares de calidad microbiológica del agua. Este sistema permite eliminar bacterias hasta en un 99.9999%, virus hasta en un 99.999% y parásitos hasta en un 99.99%, contribuyendo significativamente a la protección de la salud pública y al mejoramiento de las condiciones sanitarias de la población beneficiada.

El filtro comunitario tiene una capacidad de filtración de hasta 100.000 litros durante su vida útil, con una producción aproximada de 25 litros cada 2.5 horas, pudiendo abastecer de agua potable hasta 75 personas por día. Adicionalmente, cuenta con sistema de retrolavado incorporado para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza, permitiendo reemplazar únicamente la membrana una vez finalizada su vida útil, optimizando así los costos de operación y sostenibilidad del sistema.

El alcance del presente programa contempla igualmente el suministro, transporte, mano de obra, instalación e implementación integral de los equipos en sitio, garantizando su correcta puesta en funcionamiento y operación comunitaria.

Con esta iniciativa, Empresas Públicas de Cundinamarca busca promover tecnologías ambientalmente sostenibles, fortalecer la seguridad hídrica de las comunidades y generar soluciones resilientes frente a las condiciones de cambio climático y déficit de agua en el territorio departamental.

Objetivo General

Implementar un sistema sostenible de captación de agua atmosférica mediante tecnología "Atrapa Nieblas", complementado con un sistema comunitario de filtración AUTOFIL, con el fin de recolectar, almacenar y tratar agua para uso agrícola y, según los resultados de calidad físico-química y microbiológica, evaluar su aprovechamiento para consumo humano, contribuyendo al mejoramiento de la seguridad hídrica, sanitaria y ambiental de las comunidades beneficiadas del departamento de Cundinamarca.

Objetivos Específicos

1. Diseñar e instalar estructuras de captación de niebla que permitan aprovechar la humedad atmosférica como fuente alternativa de abastecimiento hídrico.
2. Implementar sistemas de conducción, almacenamiento y distribución del agua recolectada para uso en actividades de riego y apoyo comunitario.
3. Incorporar tecnología de ultrafiltración comunitaria AUTOFIL para mejorar la calidad microbiológica del agua recolectada, garantizando condiciones adecuadas de potabilización.
4. Reducir los riesgos asociados al consumo de agua contaminada mediante la eliminación de bacterias, virus y parásitos presentes en el recurso hídrico captado.
5. Fortalecer la resiliencia de las comunidades frente a fenómenos de escasez hídrica y variabilidad climática mediante soluciones ambientalmente sostenibles.
6. Promover el uso eficiente y responsable del recurso hídrico a través de tecnologías de bajo impacto ambiental y fácil mantenimiento.
7. Garantizar la correcta implementación, puesta en funcionamiento y capacitación básica para la operación y mantenimiento de los sistemas instalados en sitio.

8. Evaluar la viabilidad técnica y sanitaria del agua captada para determinar su posible utilización futura para consumo humano conforme a la normatividad vigente.

Parámetros Geométricos de la Estructura Captadora

Parámetro	**Valor**
Altura total de la estructura	2.00 m
Altura útil de lámina captadora	1.50 m
Ancho de cada lámina	1.00 m
Número de láminas	2 unidades
Separación entre láminas	0.50 m
Área de cada lámina	1.50 m²
Área total de captación	3.00 m²
Tipo de superficie	Lámina perforada
Diámetro de perforaciones	1 cm
Separación entre perforaciones	2 cm
Porosidad aproximada	20 %

Parámetros de Diseño Estructural

Parámetro	Valor
Presión básica de viento	0.90 kN/m²
Presión efectiva sobre lámina perforada	0.72 kN/m²
Fuerza horizontal por lámina	1.08 kN
Factor de amplificación aerodinámica	1.25
Fuerza total corregida	2.70 kN
Momento de volcamiento	2.70 kN·m
Perfil estructural principal	Tubo Ø 4" SCH-40
Capacidad nominal del perfil	20.00 kN·m
Sistema de estabilización	Arriostramientos en X

Valores obtenidos en el análisis estructural y verificación frente a cargas de viento.

Parámetros de Cimentación

Parámetro	Valor
Tipo de cimentación	Zapata aislada
Dimensiones finales de zapata	0.90 m × 0.90 m × 0.60 m
Volumen de concreto	0.486 m³

Parámetro	Valor
Peso estabilizador	11.66 kN
Momento resistente	5.25 kN·m
Factor de seguridad al volcamiento	1.94 (mínimo 1.5)
Concreto estructural	f'c = 28 MPa (mínimo recomendado)
Acero de refuerzo	fy = 420 MPa
Parrilla inferior	5 barras #5 en cada dirección
Parrilla superior	5 barras #5 en cada dirección
Estribos	Barras #3 @ 20 cm

Parámetros Hidráulicos y de Captación

Parámetro	Valor Referencial
Fuente hídrica	Captación de niebla atmosférica
Método de captación	Condensación por superficie
Uso inicial del agua	Riego
Uso potencial	Consumo humano (previo análisis)
Sistema de conducción	Gravedad

Parámetro	Valor Referencial
Sistema de almacenamiento	Tanque de almacenamiento
Tipo de operación	Pasiva, sin consumo energético

Parámetros del Sistema de Filtración AUTOFIL

Parámetro	Valor
Tecnología	Ultrafiltración
Tamaño de membrana	0.02 micrones
Eliminación de bacterias	99.9999 %
Eliminación de virus	99.999 %
Eliminación de parásitos	99.99 %
Capacidad total de filtración	100.000 litros
Producción aproximada	25 litros / 2.5 horas
Cobertura estimada	Hasta 75 personas/día
Sistema de limpieza	Retrolavado
Reemplazo	Solo membrana filtrante
Alteración del sabor	No altera

Parámetros Ambientales y Operativos

Parámetro	Criterio
Zona de implementación	Sectores rurales y de montaña
Condición climática requerida	Presencia frecuente de niebla
Tipo de operación	Comunitaria
Mantenimiento	Preventivo y periódico
Impacto ambiental	Bajo
Consumo energético	Mínimo o nulo
Vida útil estimada	Dependiente del mantenimiento

Normatividad y Criterios Técnicos de Referencia

- NSR-10 — Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
- ACI 318 — Requisitos de concreto estructural.
- ASTM — Normas para acero estructural y galvanizado.
- RAS — Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Lineamientos OMS para calidad de agua potable.
- Criterios de diseño para cargas de viento en zonas abiertas y de montaña.

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Estructura de láminas perforadas y cimentación: revisión con nuevas dimensiones

Esta versión de la memoria recalcula la estructura con las nuevas dimensiones del proyecto: láminas de 1.00 m de ancho por 1.50 m de altura y una altura total de 2.00 m. Los materiales (tubo Ø 4" SCH-40, lámina perforada, concreto y acero de refuerzo) y las hipótesis de carga son los mismos de la versión anterior. Lo único que cambia son las dimensiones y, como consecuencia, las áreas, las fuerzas del viento, los momentos y el tamaño de la cimentación.

Datos del Proyecto

Elemento	Valor
Altura total estructura	2.00 m
Altura lámina	1.50 m
Ancho lámina	1.00 m
Separación entre láminas	0.50 m
Diámetro perforaciones	1 cm
Distancia perforaciones	2 cm

Área de Cada Lámina

El área de una lámina rectangular es el producto de su ancho por su altura:

$A = b \cdot h$

Con un ancho b = 1.00 m y una altura h = 1.50 m se tiene:

$$A = 1.00\ m \times 1.50\ m = 1.50\ m^2$$

Área Total del Sistema

El módulo está formado por dos láminas iguales dispuestas en paralelo, de modo que el área total expuesta al viento es:

$$A_t = 2 \times 1.50\ m^2 = 3.00\ m^2$$

Cálculo de Porosidad

Área del orificio (perforación)

Con perforaciones circulares de diámetro d = 1 cm:

$$A_o = (\pi \cdot d^2) / 4$$

$$A_o = (3.1416 \times (1\ cm)^2) / 4 = 0.785\ cm^2$$

Área del módulo de influencia

Con una distancia de 2 cm entre perforaciones, el área de influencia de cada orificio es:

$$A_m = 2\ cm \times 2\ cm = 4.00\ cm^2$$

Porosidad (ϕ)

La porosidad es la relación entre el área vacía y el área de influencia:

$$\phi = A_o / A_m = 0.785 / 4.00 = 0.196$$

La porosidad resulta cercana al 20 % ($\phi \approx 20\ \%$). Este valor no depende de las dimensiones de la lámina y se mantiene en los cálculos siguientes.

Presión de Viento

Para una zona abierta de montaña se adopta una presión básica de viento de:

$q = 0.90\ kN/m^2$

Como la superficie es perforada, parte del viento pasa a través de ella y la presión efectiva se reduce según la porosidad:

$q_e = q \cdot (1 - \phi)$

Reemplazando:

$q_e = 0.90\ kN/m^2 \times (1 - 0.20) = 0.72\ kN/m^2$

Fuerza Horizontal sobre una Lámina

La fuerza del viento sobre una lámina, actuando perpendicular a su plano, es el producto de la presión efectiva por el área:

$F = q_e \times A$

$F = 0.72\ kN/m^2 \times 1.50\ m^2 = 1.08\ kN$

Efecto Túnel entre Láminas

Las dos láminas están separadas solo 0.50 m. En ese espacio el viento se acelera y se generan turbulencias, succión y vibraciones por desprendimiento de vórtices. Para cubrir este efecto se adopta un incremento del 25 % en la fuerza de diseño (factor de amplificación de 1.25).

Fuerza Total Corregida

Sumando la fuerza de las dos láminas y aplicando el factor por efecto túnel:

$F_t = 2 \times 1.08\ kN \times 1.25 = 2.70\ kN$

Momento de Volcamiento

Con la altura total de 2.00 m, el centro de presión se toma, igual que en la versión anterior, a la mitad de la altura de la estructura:

$h = 2.00\ m / 2 = 1.00\ m$

El momento de volcamiento en la base es:

$M = F_t \times h$

$M = 2.70\ kN \times 1.00\ m = 2.70\ kN{\cdot}m$

Como comprobación adicional se revisa un caso más desfavorable: si las láminas quedan por encima de la altura libre inferior de 0.50 m, su centroide estaría a:

$h' = 0.50\ m + 1.50\ m / 2 = 1.25\ m$

$M' = 2.70\ kN \times 1.25\ m = 3.375\ kN{\cdot}m$

Este valor se usa solo como verificación complementaria. El diseño base se mantiene con h = 1.00 m.

Verificación Estructural del Tubo de 4”

El tubo de acero de 4” tiene una capacidad nominal a flexión estimada en:

$M_n \approx 20.00\ kN{\cdot}m$

Comparando la resistencia con el momento actuante:

$M_n = 20.00\ kN{\cdot}m > M_{actuante} = 2.70\ kN{\cdot}m$

Conclusión: el tubo de 4" cumple con la resistencia requerida

La relación entre el momento actuante y la capacidad del tubo es 2.70 / 20.00 = 0.14, y de 0.17 con el momento complementario de 3.375 kN·m. El perfil trabaja con una amplia reserva de resistencia.

Verificación de Esbeltez

Al reducir la altura total a 2.00 m se obtienen estas ventajas:

- Menor riesgo de pandeo general y local del perfil.
- Menores vibraciones inducidas por el viento (vórtices de Von Kármán).
- Mejor control de derivas y desplazamientos laterales.

Como comprobación numérica, para un tubo en voladizo (K = 2.1) con radio de giro r = 3.83 cm y longitud L = 200 cm:

$$K \cdot L / r = 2.1 \times 200\ cm / 3.83\ cm \approx 110 < 200$$

La esbeltez queda por debajo del límite usual de 200.

Para asegurar la estabilidad del conjunto se deben instalar arriostramientos en "X" y travesaños horizontales.

Análisis de Cimentación

La estabilidad al volcamiento se verifica comparando el momento resistente (peso propio de la zapata por la mitad de su ancho) con el momento de volcamiento, exigiendo un factor de seguridad FS = M_r / M no menor a 1.5. Por simplicidad y del lado de la seguridad, cada zapata se revisa como si resistiera sola el 100 % del momento, aunque en la práctica este se reparte entre los dos postes. No se cuenta con el aporte del pedestal, del suelo sobre la zapata ni del peso de la estructura.

Zapata de Ensayo: 0.70 m × 0.70 m × 0.40 m

Volumen de concreto:

$V = 0.70 \times 0.70 \times 0.40 = 0.196\ m^3$

Peso propio de la zapata (concreto reforzado, γ = 24 kN/m³):

$P = 0.196\ m^3 \times 24\ kN/m^3 = 4.70\ kN$

El brazo de palanca respecto al borde de volcamiento es la mitad del ancho:

$b = 0.70\ m / 2 = 0.35\ m$

Momento resistente:

$M_r = 4.70\ kN \times 0.35\ m = 1.65\ kN{\cdot}m$

Verificación de Estabilidad de la Zapata de Ensayo

$M_r = 1.65\ kN{\cdot}m < M_{volcamiento} = 2.70\ kN{\cdot}m\ (FS = 0.61 < 1.5)$

Resultado: la zapata de ensayo no cumple; hay que aumentar su sección

Rediseño y Dimensionamiento de Nueva Zapata

Para alcanzar el factor de seguridad requerido se aumenta la sección de la zapata. Se conserva el espesor de 0.60 m de la versión anterior y se limita el ancho a 0.90 m, de modo que quede una separación libre de unos 0.21 m entre las dos zapatas. La separación entre ejes de los postes es de 1.114 m (ancho de lámina de 1.00 m más el diámetro exterior del tubo, 0.114 m).

Dimensiones: 0.90 m × 0.90 m × 0.60 m

Cálculo de Propiedades Estabilizadoras

Volumen de concreto:

$V = 0.90\ m \times 0.90\ m \times 0.60\ m = 0.486\ m^3$

Peso estabilizador (P):

$P = 0.486\ m^3 \times 24\ kN/m^3 = 11.66\ kN$

Brazo de palanca (b):

$b = 0.90\ m / 2 = 0.45\ m$

Momento resistente (M_r):

$M_r = 11.66\ kN \times 0.45\ m = 5.25\ kN{\cdot}m$

Verificación Final de Estabilidad

$M_r = 5.25\ kN{\cdot}m > M_{volcamiento} = 2.70\ kN{\cdot}m$

$FS = M_r / M = 5.25 / 2.70 = 1.94 > 1.5$

Con el momento complementario de 3.375 kN·m el factor de seguridad es 5.25 / 3.375 = 1.56, que también supera el mínimo de 1.5.

Resultado: la zapata de 0.90 m × 0.90 m × 0.60 m cumple con la estabilidad al volcamiento

Detalle y Disposición del Refuerzo

Se propone la siguiente distribución de acero. En cada parrilla la cuantía es de 5 × 1.99 cm² / 0.90 m ≈ 11.1 cm²/m, superior a la mínima por retracción y temperatura (ρ = 0.0018, equivalente a 10.8 cm²/m para un espesor de 0.60 m):

Cuerpo de la Zapata

- **Parrilla inferior:** 5 barras #5 (⅝") en cada dirección, con ganchos estándar a 90°.
- **Parrilla superior:** 5 barras #5 (⅝") en cada dirección (control de retracción, temperatura y succión).

- **Refuerzo transversal:** estribos #3 (⅜") de amarre entre parrillas, espaciados cada 20 cm.

Pedestal de Conexión (0.40 m × 0.40 m × 0.60 m)

- **Acero longitudinal:** 4 barras #5 (⅝") verticales, ancladas en la parrilla inferior de la zapata.
- **Acero transversal:** estribos #3 (⅜") espaciados cada 15 cm.

Sistema de Arriostramiento

Es obligatorio instalar arriostramientos rígidos o tensores en forma de "X" entre los marcos principales, para controlar la torsión y el pandeo lateral. Se contemplan dos alternativas:

- Perfiles angulares de acero L 2" × 2" × ¼", unidos con soldadura o pernos estructurales.
- Cable de acero galvanizado de alto límite elástico, de diámetro mínimo 3/8", con tensores mecánicos de ojo y gancho.

Cuadro Resumen de Resultados

Componente / Parámetro	Especificación / Valor	Condición
Perfil Tubular Principal	Tubo Ø 4" SCH-40 (Acero)	-
Altura Total del Sistema	2.00 m	Ajustada
Altura Neta de la Lámina	1.50 m	-
Momento Actuante Total (Viento)	2.70 kN·m	Solicitación

Relación momento actuante / capacidad del tubo	0.14	Cumple
Dimensiones de la Zapata	0.90 m × 0.90 m × 0.60 m	Rediseñada
Momento Resistente Obtenido	5.25 kN·m	Estabilizador
Factor de Seguridad al Volcamiento	1.94	Mín. 1.5
Resultado Final del Análisis	**SISTEMA INTEGRAL ESTABLE**	**CUMPLE**

Elementos que Constituyen la Estructura

A continuación se relacionan todos los elementos de la estructura con las nuevas dimensiones. Las cantidades corresponden al esquema adoptado (dos postes con sus respectivas zapatas y dos láminas en paralelo) y son de referencia para presupuesto y despiece; no incluyen desperdicios ni traslapes.

Estructura metálica, láminas y captación

Elemento	Especificación	Cantidad
Tubo principal (poste)	Tubo Ø 4" SCH-40, L = 2.00 m (≈ 16.1 kg/m)	2 und (4.00 m, ≈ 64 kg)

Elemento	Especificación	Cantidad
Lámina captadora	Lámina perforada de acero inoxidable de grado alimenticio, 1.00 m × 1.50 m, perforaciones Ø 1 cm @ 2 cm (ϕ ≈ 20 %)	2 und (3.00 m²)
Marco perimetral de la lámina	Ángulo L 2″ × 2″ × ¼″: 2 × (1.00 + 1.50) = 5.00 m por lámina	10.00 m
Travesaños de separación entre láminas	Ángulo L 2″ × 2″ × ¼″, L = 0.50 m	4 und (2.00 m)
Arriostramiento en "X"	Ángulo L 2″ × 2″ × ¼″ (o cable galvanizado Ø 3/8″ con tensores); diagonal de 1.58 m	4 und (6.32 m)
Placa base y pernos de anclaje	Conexión tubo–pedestal, según el detalle de conexión del proyecto	2 juegos
Canaletas de captación	Una bajo cada lámina, L = 1.00 m	2 und (2.00 m)
Perfil angular L 2″ × 2″ × ¼″ (total)	**10.00 m + 2.00 m + 6.32 m (≈ 4.75 kg/m)**	**18.32 m (≈ 87 kg)**

Cimentación y refuerzo (2 postes)

Elemento	Especificación	Cantidad total
Zapata en concreto	0.90 m × 0.90 m × 0.60 m, f'c = 28 MPa; 0.486 m³ cada una	2 und (0.972 m³)
Pedestal en concreto	0.40 m × 0.40 m × 0.60 m, f'c = 28 MPa; 0.096 m³ cada uno	2 und (0.192 m³)
Parrilla inferior de la zapata	5 barras #5 en cada dirección (10 barras de 1.13 m con ganchos a 90°) por zapata	20 barras (22.6 m)
Parrilla superior de la zapata	5 barras #5 en cada dirección (10 barras de 1.13 m con ganchos a 90°) por zapata	20 barras (22.6 m)
Estribos de amarre de la zapata	#3 @ 0.20 m; 15 por zapata de ≈ 0.60 m	30 und (18.0 m)
Acero longitudinal del pedestal	4 barras #5 de 1.24 m por pedestal	8 barras (9.9 m)
Estribos del pedestal	#3 @ 0.15 m; 4 por pedestal de ≈ 1.15 m	8 und (9.2 m)
Concreto estructural total	**f'c = 28 MPa**	**1.164 m³**
Acero de refuerzo total	**fy = 420 MPa: #5 = 55.1 m (≈ 86 kg); #3 = 27.2 m (≈ 15 kg)**	**≈ 101 kg**

La tubería PVC, las válvulas, el tanque de almacenamiento y el filtro comunitario AUTOFIL no cambian por el ajuste de dimensiones. Sí cambia el área de captación, que pasa de 9.00 m² a 3.00 m²; el volumen de agua captada disminuye aproximadamente en la misma proporción.

Procedimiento Constructivo

Sistema Atrapa Nieblas para Recolección de Agua

Empresas Públicas de Cundinamarca

El siguiente procedimiento establece las actividades técnicas y constructivas necesarias para la correcta ejecución, instalación y puesta en funcionamiento del sistema "Atrapa Nieblas", incluyendo las estructuras de captación, sistema hidráulico, almacenamiento y filtración comunitaria AUTOFIL.

Localización y Replanteo

Actividades

- Verificación topográfica del área de instalación.
- Identificación de dirección predominante de vientos y presencia de niebla.
- Delimitación del área de trabajo.
- Replanteo de puntos de cimentación y ubicación de estructuras.

Consideraciones Técnicas

- El sistema debe ubicarse en zonas abiertas, elevadas y con alta incidencia de humedad atmosférica.
- Se debe garantizar accesibilidad para mantenimiento y operación.
- Verificar estabilidad del terreno y drenajes naturales.

Limpieza y Adecuación del Terreno

Actividades

- Retiro de vegetación superficial.
- Nivelación manual o mecánica del terreno.
- Compactación superficial del área de cimentación.
- Disposición adecuada del material sobrante.

Equipos Requeridos

- Herramienta menor.
- Compactador manual.
- Equipo topográfico.

Excavación para Cimentaciones

Actividades

- Excavación manual o mecánica para zapatas.
- Conformación de fondo nivelado.
- Verificación de dimensiones de diseño.

Dimensiones de Referencia

Elemento	Dimensión
Zapata	0.90 m × 0.90 m × 0.60 m
Pedestal	0.40 m × 0.40 m × 0.60 m

Consideraciones

- Evitar presencia de material orgánico en el fondo.

- En caso de suelos saturados, realizar estabilización granular.

Construcción de Cimentación

Actividades

- Instalación de formaleta.
- Colocación de acero de refuerzo.
- Instalación de pernos de anclaje.
- Fundida de concreto estructural.
- Vibrado y curado del concreto.

Refuerzo Estructural

Elemento	Refuerzo
Parrilla inferior	5 barras #5 en cada dirección
Parrilla superior	5 barras #5 en cada dirección
Estribos de la zapata	Barra #3 @ 20 cm
Pedestal: acero longitudinal	4 barras #5
Pedestal: estribos	Barra #3 @ 15 cm

Parámetros Técnicos

Parámetro	Valor
Resistencia del concreto	28 MPa
Acero de refuerzo	fy = 420 MPa
Recubrimiento mínimo	7.5 cm

Información basada en la memoria estructural del proyecto.

Instalación de Estructura Metálica

Actividades

- Izaje y posicionamiento de perfiles tubulares.
- Nivelación y alineación vertical.
- Soldadura o empernado estructural.
- Instalación de arriostramientos en "X".

Elementos Principales

Elemento	Especificación
Perfil principal	Tubo Ø 4" SCH-40
Arriostramiento	Perfil angular o cable galvanizado
Altura total	2.00 m

Consideraciones

- Verificar plomos y verticalidad.
- Aplicar protección anticorrosiva.
- Revisar calidad de soldaduras.

Instalación de Láminas Captadoras

Actividades

- Instalación de láminas perforadas.
- Verificación de separación entre paneles.
- Ajuste de fijaciones mecánicas.
- Revisión de estabilidad frente a viento.

Parámetros de Instalación

Parámetro	Valor
Altura útil lámina	1.50 m
Ancho	1.00 m
Separación entre láminas	0.50 m
Porosidad	20 %

Consideraciones

- Garantizar orientación perpendicular al viento predominante.
- Evitar deformaciones en las láminas.
- Verificar tensión y anclajes.

Instalación del Sistema Hidráulico

Actividades

- Instalación de canales recolectores.
- Conexión de tuberías de conducción.
- Instalación de accesorios hidráulicos.
- Pruebas de estanqueidad.

Componentes

- Canaletas de captación.
- Tubería PVC hidráulica.
- Válvulas de control.
- Tanque de almacenamiento.

Instalación del Sistema de Filtración AUTOFIL

Actividades

- Ubicación del filtro comunitario.
- Conexión hidráulica de entrada y salida.
- Instalación de válvulas y sistema de retrolavado.
- Verificación de presión y caudal.

Características Técnicas

Parámetro	Valor
Tecnología	Ultrafiltración
Tamaño membrana	0.02 micrones
Producción	25 litros cada 2.5 horas
Cobertura	Hasta 75 personas/día

Consideraciones

- Instalar bajo cubierta o protección climática.
- Facilitar acceso para mantenimiento.
- Capacitar a la comunidad en limpieza y retrolavado.

Pruebas y Puesta en Funcionamiento

Actividades

- Verificación estructural general.
- Inspección de conexiones hidráulicas.
- Prueba de captación y conducción.
- Prueba operativa del filtro AUTOFIL.
- Verificación de calidad del agua.

Ensayos Recomendados

- Turbidez.
- Coliformes totales.
- E. coli.
- pH.
- Conductividad.

Capacitación Comunitaria

Actividades

- Capacitación en operación del sistema.
- Capacitación en mantenimiento preventivo.
- Procedimientos de limpieza y retrolavado.
- Uso racional del agua recolectada.

Mantenimiento Preventivo

Frecuencia Recomendada

Actividad	Frecuencia
Limpieza de láminas	Mensual
Revisión de pernos y soldaduras	Trimestral
Limpieza de canaletas	Mensual
Retrolavado del filtro	Según operación
Inspección estructural general	Semestral

Seguridad Industrial y Ambiental

Recomendaciones

- Uso obligatorio de EPP.
- Señalización del área de trabajo.
- Manejo adecuado de residuos.
- Protección de cobertura vegetal circundante.

Control de trabajos en altura.

Elementos de Protección

- Casco.
- Arnés.
- Guantes.
- Gafas de seguridad.
- Botas de seguridad.

Conclusiones

1. El sistema "Atrapa Nieblas" representa una alternativa técnicamente viable y ambientalmente sostenible para la captación de agua atmosférica en zonas rurales con presencia frecuente de niebla y limitaciones en el abastecimiento hídrico.
2. La implementación de estructuras captadoras mediante láminas perforadas permite aprovechar de manera eficiente la condensación natural de humedad, reduciendo la dependencia de fuentes hídricas convencionales y fortaleciendo la resiliencia frente a fenómenos de escasez de agua.
3. El análisis estructural demuestra que la configuración propuesta cumple con las condiciones de estabilidad y resistencia frente a cargas de viento, mediante perfiles tubulares, cimentaciones estabilizadas y arriostramientos estructurales.
4. La cimentación de 0.90 m × 0.90 m × 0.60 m proporciona un momento resistente de 5.25 kN·m, superior al momento de volcamiento de 2.70 kN·m generado por el

viento (factor de seguridad de 1.94), lo que garantiza la estabilidad integral de la estructura.

5. Con las nuevas dimensiones (láminas de 1.00 m × 1.50 m y altura total de 2.00 m) el momento de volcamiento baja de 16.20 kN·m a 2.70 kN·m. El tubo de 4" trabaja a un 14 % de su capacidad nominal y la zapata se reduce de 1.40 m × 1.40 m a 0.90 m × 0.90 m, con menor consumo de concreto y acero.
6. La incorporación del sistema comunitario AUTOFIL con tecnología de ultrafiltración de 0.02 micrones mejora significativamente la calidad microbiológica del agua recolectada, permitiendo eliminar bacterias, virus y parásitos con altos niveles de eficiencia sanitaria.
7. El sistema de filtración propuesto constituye una solución apropiada para comunidades rurales, debido a su facilidad de operación, bajo requerimiento energético, mantenimiento simplificado y capacidad de abastecimiento comunitario.
8. El proyecto contribuye directamente al fortalecimiento de la seguridad hídrica, salud pública y sostenibilidad ambiental, alineándose con estrategias de adaptación al cambio climático y gestión eficiente del recurso hídrico promovidas por Empresas Públicas de Cundinamarca.

Recomendaciones

1. Realizar previamente estudios climáticos y ambientales que permitan identificar sectores con alta incidencia de niebla, velocidad favorable del viento y condiciones óptimas para la captación atmosférica de agua.
2. Ejecutar análisis periódicos de calidad del agua recolectada para determinar su aptitud para consumo humano conforme a la normatividad sanitaria vigente en Colombia.
3. Implementar programas comunitarios de capacitación orientados a la operación, mantenimiento y limpieza del sistema, garantizando su sostenibilidad y correcto funcionamiento a largo plazo.
4. Efectuar mantenimiento preventivo periódico sobre las estructuras metálicas, especialmente en elementos expuestos a humedad permanente, aplicando sistemas de protección anticorrosiva.

5. Realizar inspecciones periódicas de cimentaciones, anclajes y arriostramientos para verificar la estabilidad estructural frente a eventos climáticos extremos y cargas dinámicas de viento.
6. Confirmar en obra la capacidad portante del suelo de fundación, mediante estudio de suelos o verificación del ingeniero geotecnista, antes de fundir las zapatas.
7. Revisar el balance hídrico y el volumen del tanque de almacenamiento, porque con 3.00 m² de área de captación (antes 9.00 m²) la producción de agua será menor; si la demanda lo exige, evaluar módulos adicionales.
8. Mantener limpieza frecuente de láminas captadoras, canaletas y sistemas hidráulicos para evitar disminución en la eficiencia de captación y acumulación de sedimentos.
9. Garantizar la correcta operación del sistema AUTOFIL mediante retrolavados periódicos y reemplazo oportuno de la membrana filtrante al finalizar su vida útil.
10. Evaluar la posibilidad de ampliar el sistema mediante módulos adicionales de captación y almacenamiento en función de la demanda hídrica futura de la comunidad beneficiada.
11. Complementar el proyecto con estrategias de educación ambiental y uso eficiente del agua, promoviendo la conservación del recurso hídrico en las comunidades intervenidas.
12. Cumplir durante todas las etapas constructivas y operativas con las disposiciones técnicas de la NSR-10, el RAS y las normas sanitarias aplicables para sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua.

Atentamente



ing. Carlos Alberto Araque Pineda

contratista de prestación de servicios profesionales

m.p 25202-135156 CND

MCs ingeniería Civil disciplina Estructural