Empresa de Desarrollo Sostenible	**INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS**	**Código: FO-GAF-33** **Versión: 03** **Fecha: 02/07/2024**

INFORME DE SUPERVISIÓN No. 01.
CONTRATO POR PRESTACION DE SERVICIOS No. **399-2026-PS**

PERIODO DEL INFORME	Desde:	19 de octubre 2026	Hasta	30 de octubre 2026	
De seguimiento:		Para pago:	X	Final:	

1. DATOS GENERALES	
NÚMERO DE CONTRATO	399-2026-PS
FECHA DE SUSCRIPCIÓN	19 DE OCTUBRE DE 2026
FECHA ACTA DE INICIO	19 DE OCTUBRE DE 2026
OBJETO	PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES ESPECIALIZADOS PARA BRINDAR APOYO EN LA CORRECTA EJECUCIÓN DEL COMPONENTE DE SERVICIOS PÚBLICOS Y HÁBITAT EN MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 10.15.00.00-23.07-004-2026, CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE RIONEGRO Y LA EMPRESA DE DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ORIENTE (EDESO).
NOMBRE DEL CONTRATISTA	NATALIA PÉREZ GARCÍA
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	1.152.210.411
VALOR INICIAL	VEINTIÚN MILLONES DE PESOS M/L ($21.000.000).
PLAZO INICIAL	EL PLAZO DEL CONTRATO SERÁ EL TIEMPO CONTADO A PARTIR DE LA SUSCRIPCIÓN DEL ACTA DE INICIO, SIN SUPERAR EL 31 DE DICIEMBRE DE 2026.
ADICIÓN	N/A

Empresa de Desarrollo Sostenible	**INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS**	**Código: FO-GAF-33** **Versión: 03** **Fecha: 02/07/2024**

OBLIGACIÓN CONTRACTUAL	ACTIVIDAD REALIZADA EN EL PERIODO PARA SU CUMPLIMIENTO	DESCRIPCIÓN Y/O EVIDENCIA DE LA VERIFICACIÓN (Supervisor)
Brindar apoyo profesional en el desarrollo de actividades relacionadas con la gestión ambiental, el saneamiento básico y el mejoramiento de las condiciones sanitarias del municipio de Rionegro	Se realizó visita técnica a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del proyecto Senderos y Jardines de Cimarronas, con el propósito de efectuar una inspección general de las condiciones físicas, operativas y ambientales del sistema de tratamiento, así como verificar el estado de sus diferentes unidades y componentes. Durante el recorrido se contempló la revisión de las estructuras que conforman el tren de tratamiento, identificando las condiciones de funcionamiento de las unidades, las conexiones, tuberías, cámaras de inspección y demás elementos asociados al sistema. Asimismo, se consideraron aspectos relacionados con la circulación del agua residual entre las diferentes etapas del tratamiento y otras condiciones que pudieran comprometer la eficiencia del proceso.	Se garantiza que esta actividad corresponde a la obligación, realizando el apoyo que sea requerido, como lo podemos evidenciar en el Anexos de este informe.
Apoyar la formulación e implementación de estrategias orientadas al mejoramiento de las condiciones de saneamiento ambiental y la	Se desarrolló el proceso de revisión, evaluación y replanteamiento de las memorias de cálculo correspondientes al sistema de tratamiento de aguas residuales, con el propósito de verificar la coherencia de los criterios de diseño, los parámetros hidráulicos y las	Se garantiza que esta actividad corresponde a la obligación, realizando el apoyo que sea requerido, como lo podemos evidenciar en el Anexos de este informe.

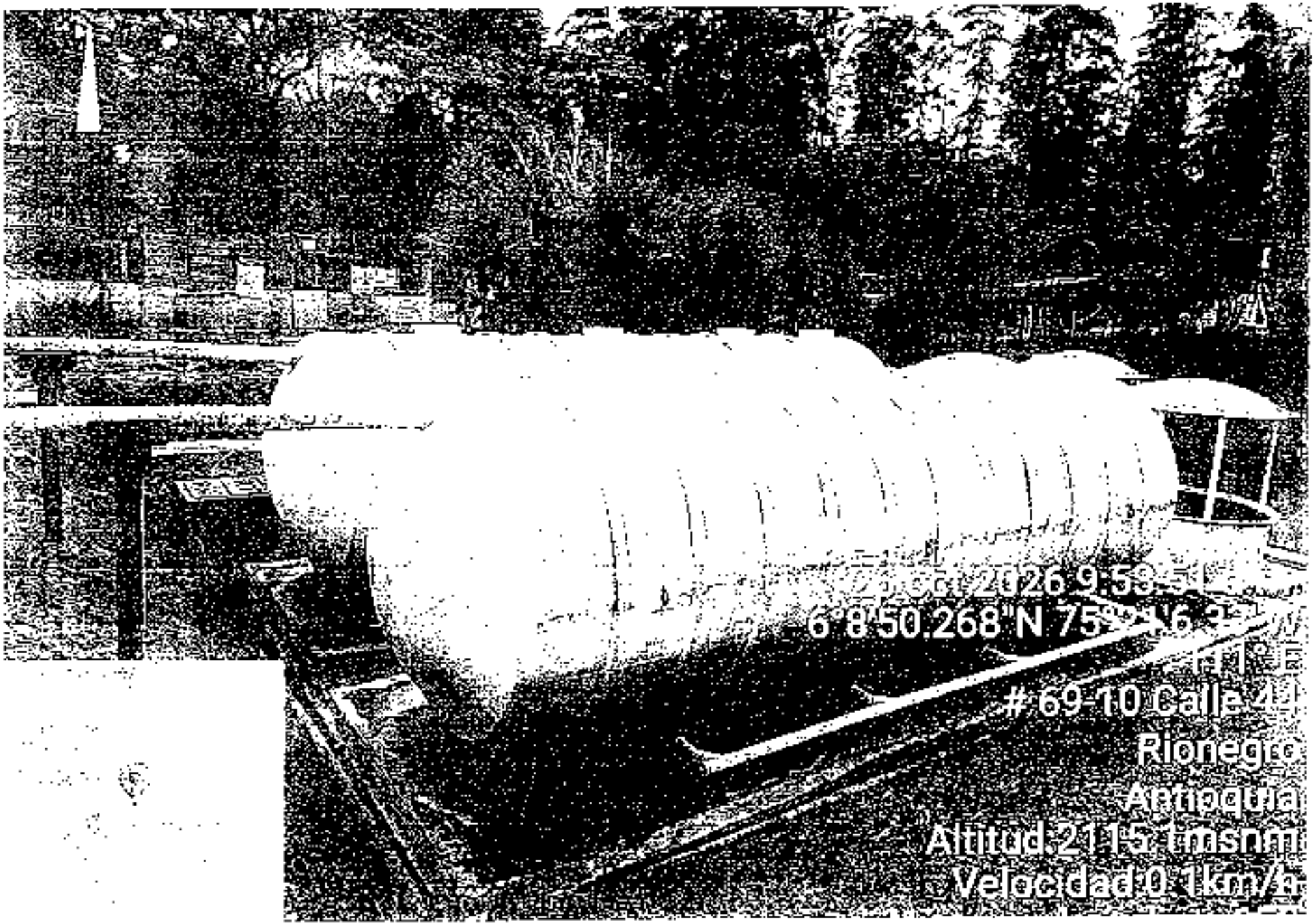
	Se ejecutó la consulta y evaluación de la documentación técnica que soporta el diseño y funcionamiento del sistema de tratamiento, incluyendo memorias de cálculo hidráulico y sanitario, planos, esquemas del tren de tratamiento, especificaciones de las unidades, información sobre capacidades y dimensiones, criterios de diseño y demás documentos que hacen parte del expediente. Se prestó especial atención a la configuración del sistema, las etapas que conforman el proceso de depuración y la capacidad instalada para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el proyecto.	
Contribuir al desarrollo de actividades de diagnóstico e identificación de necesidades relacionadas con las condiciones sanitarias y ambientales del territorio municipal.	Se Brindo apoyo técnico en la identificación y análisis de necesidades y situaciones relacionadas con las condiciones sanitarias y ambientales del municipio a partir de la revisión y del acompañamiento a las activades propias de la secretaria de medio ambiente y hábitat. Se aportaron observaciones y recomendaciones técnicas, orientadas a reconocer aspectos susceptibles de mejora y apoyar la toma de decisiones en materia ambiental y sanitaria	Se garantiza que esta actividad corresponde a la obligación realizando el apoyo que sea requerido, como lo podemos evidenciar en el Anexos de este informe
Apoyar la elaboración de documentos técnicos, informes y demás insumos requeridos para el desarrollo de las actividades y programas de	Se apoyo en la revisión y ajuste de documentos técnicos, informes y demás insumos requeridos por la secretaria de medio ambiente y hábitat de acuerdo con las necesidades y actividades asignadas. Anexo 4	Se garantiza que esta actividad corresponde a la obligación, realizando el apoyo que sea requerido, como lo podemos evidenciar en el Anexos de este informe.

	INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS	**Código: FO-GAF-33** **Versión: 03** **Fecha: 02/07/2024**

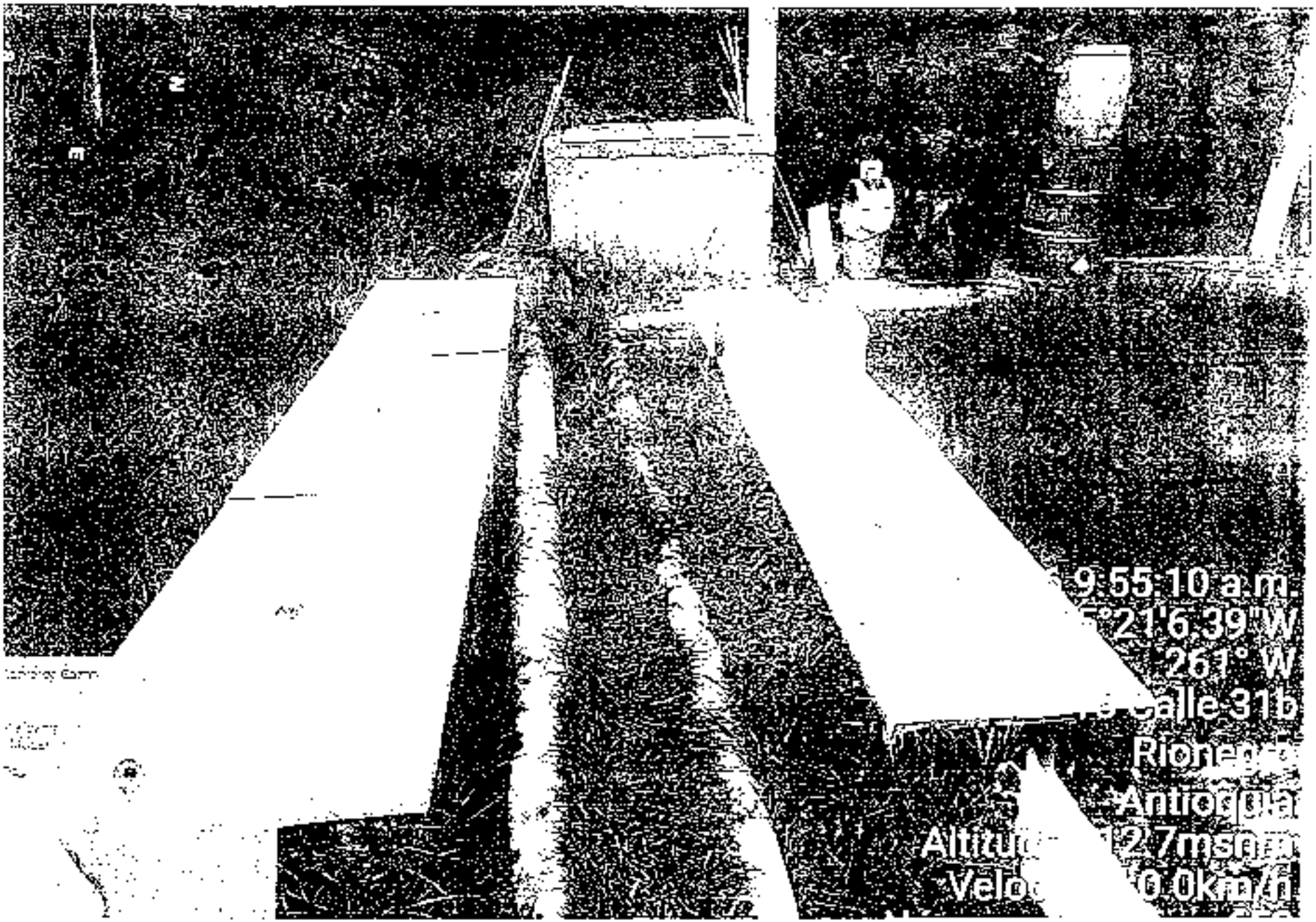
7. OBSERVACIONES ADICIONALES CONTRATISTA
Sin observaciones
8. OBSERVACIONES ADICIONALES SUPERVISOR
Sin observaciones

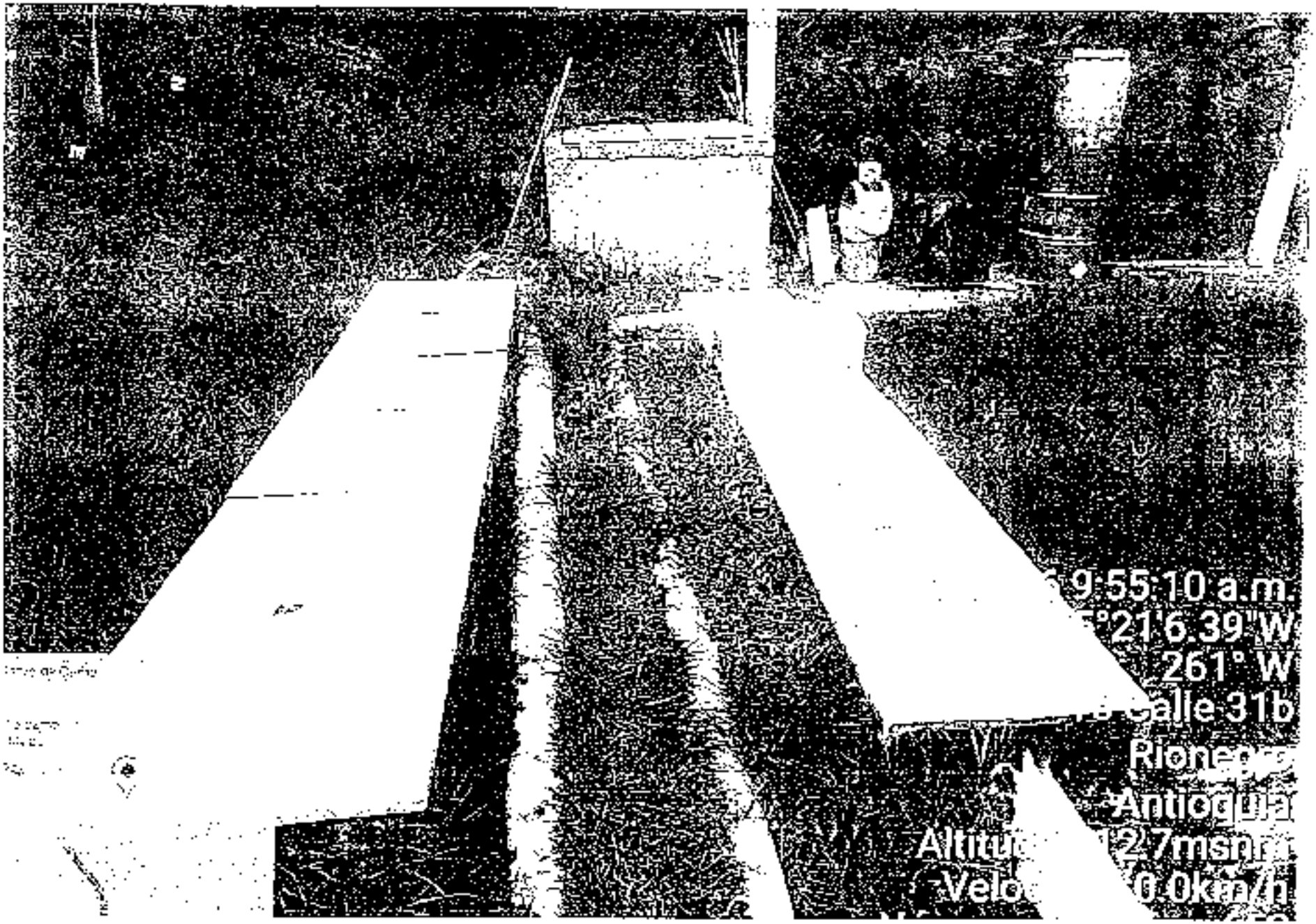
Para constancia, se firma la presente acta:

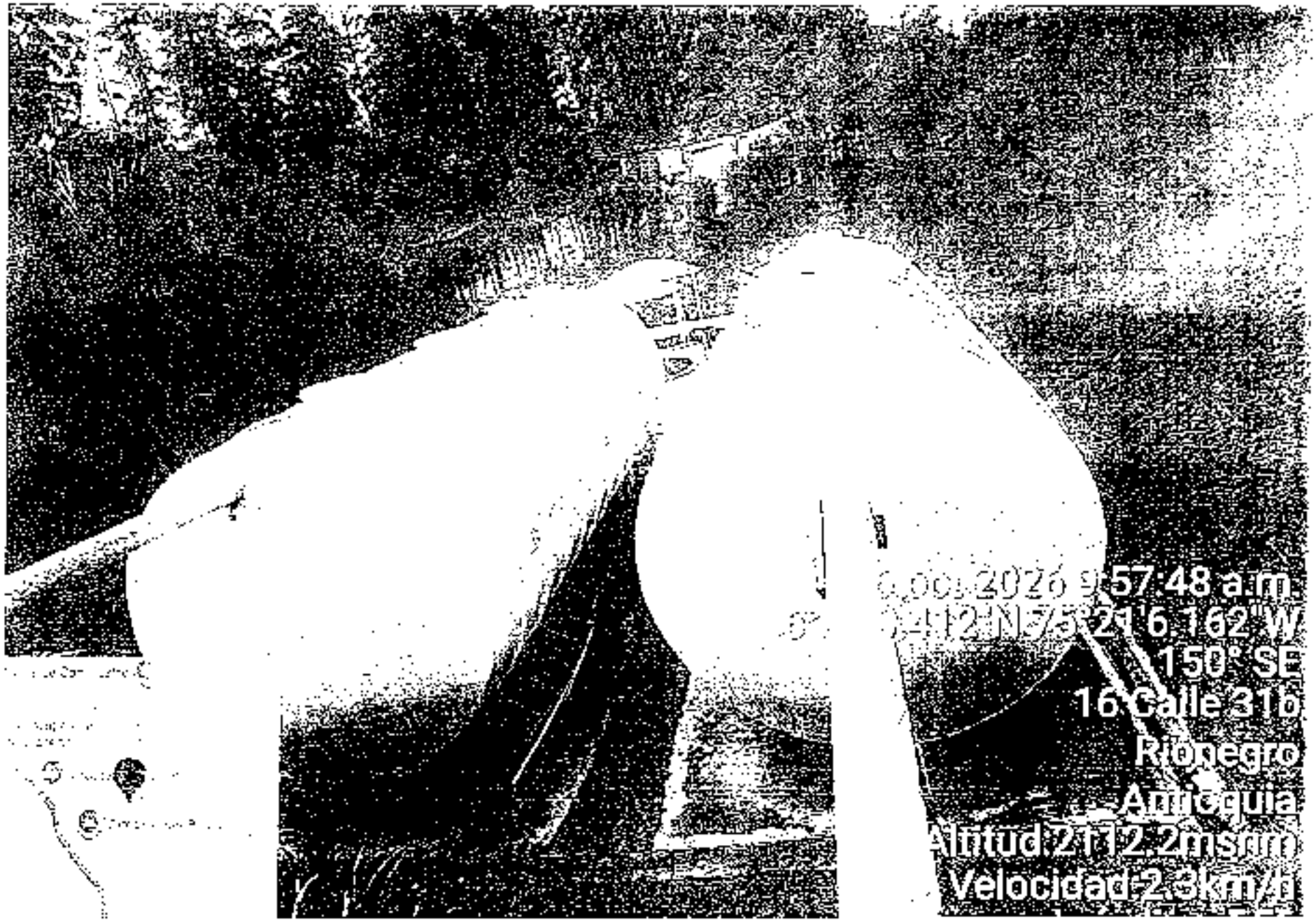
MANUELA SANCHEZ VERGARA Subgoronto Administrativa y Financiera	NATALIA PEREZ GARCIA CONTRATISTA


6°8'50.268"N 75°
#69-10 Calle
Rionegro
Antioquia
Altitud:2115.1msnm
Velocidad:0.1km/h

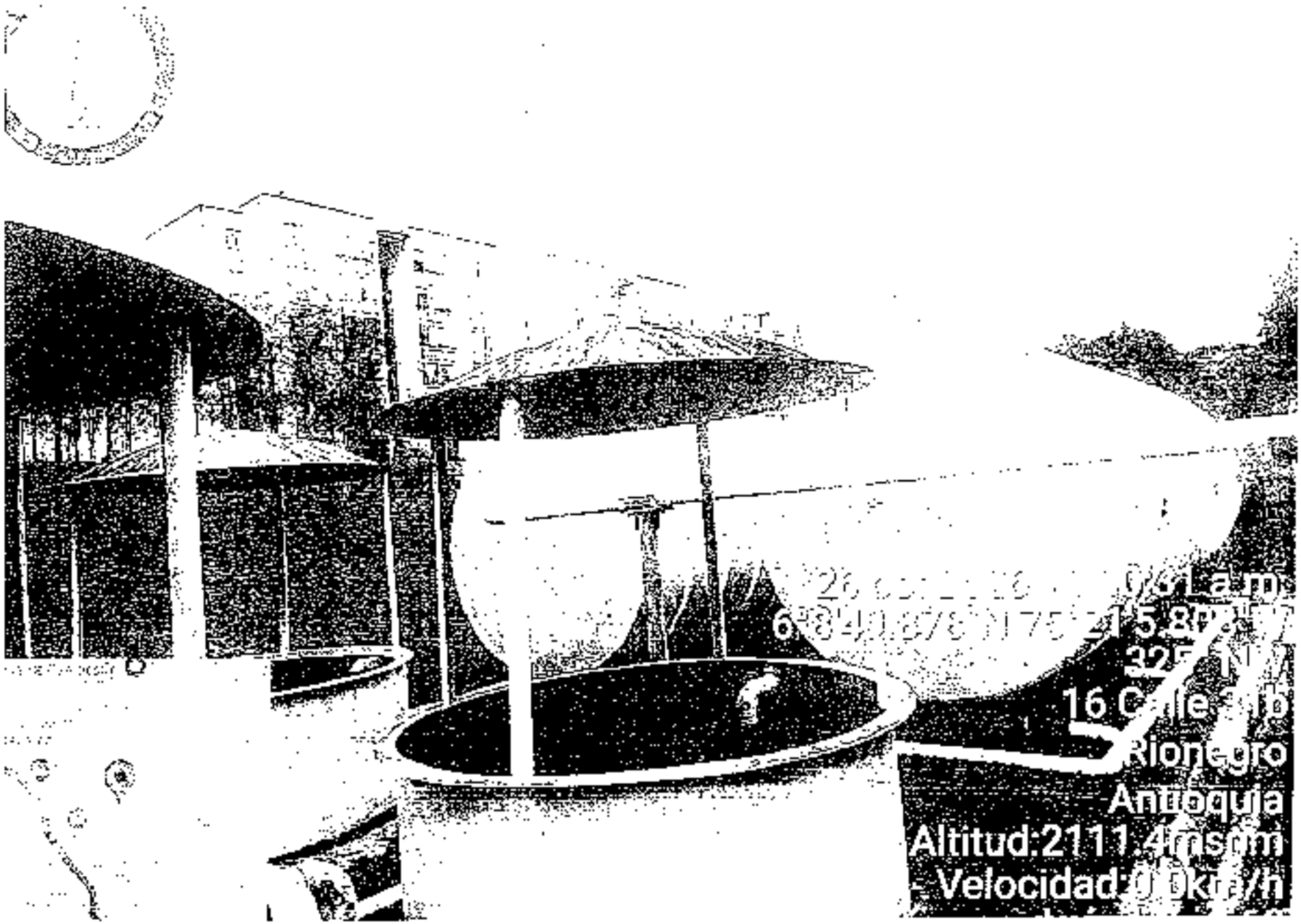

Oct 2026 9:5
6°8'50.268"N 75°
#69-10 Calle 4
Rionegro
Antioquia
Altitud 2115.1msnm
Velocidad 0.1km/h

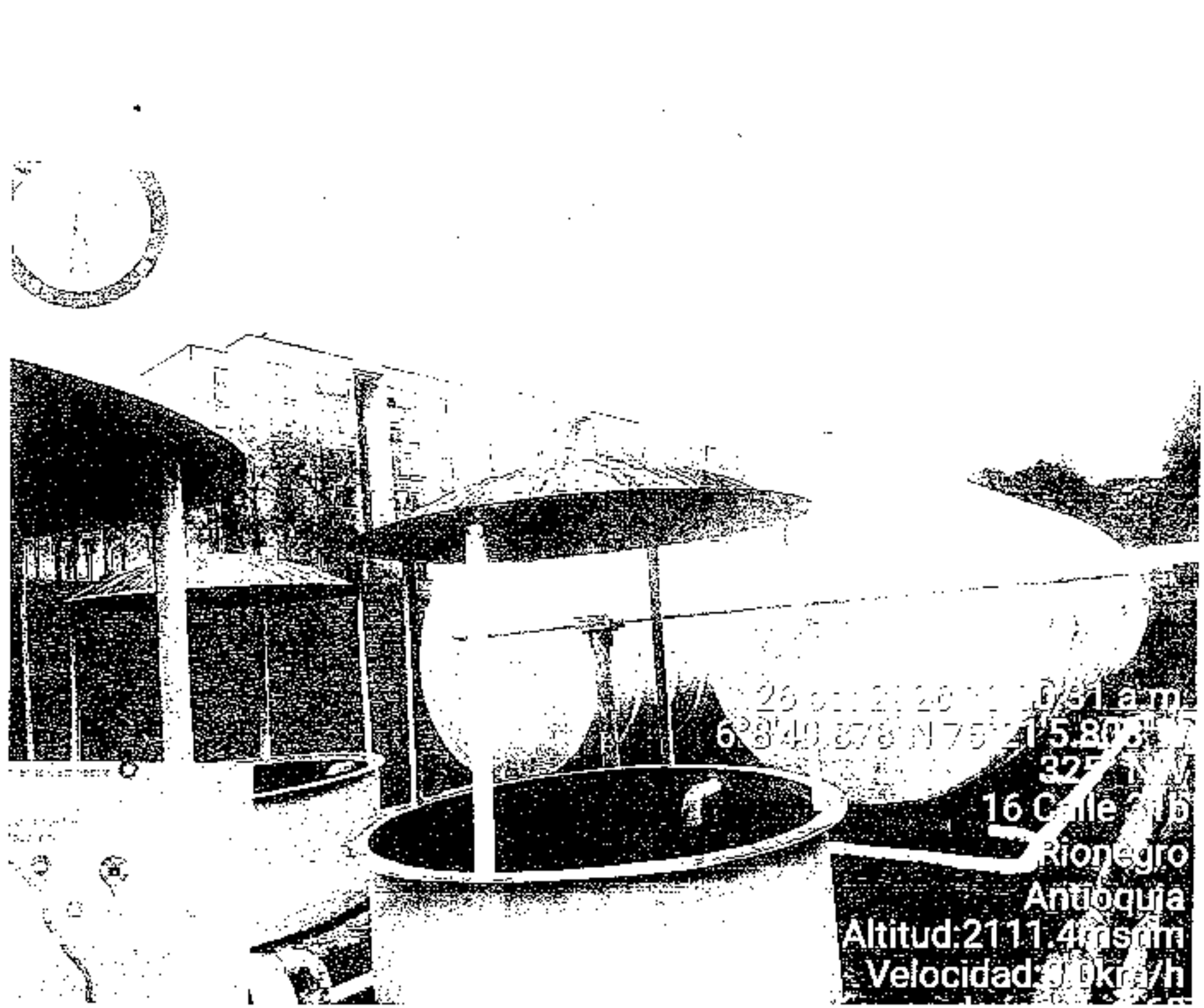

9:55:10 a.m.
°21'6.39"W
26[illegible]° W
[illegible]alle 31b
Rionegro
Antioquia
27msnm
0.0km/h


9:55:10 a.m.
°21'6.39"W
261° W
alle 31b
Rione
Antiog
27msn
0.0km/h


6.001.2026 9:57:48 a.m.
6°9'12"N 75°25'6.162"W
150° SE
16 Calle 31b
Rionegro
Antioquia
Altitud 2 112.2m snm
Velocidad 2.3km/h


6/06/2026 9:57:48 a.m.
6°14'2"N 75°29'6.162"W
150° SE
16 Calle 31b
Rionegro
Antioquia
Altitud 2112.2m snm
Velocidad 2.3 km/h


Rionegro
Antioquia
Altitud:2111.4mtsnm
Velocidad:0.0km/h


Rionegro
Antioquia













[redacted]	INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS	Código: FO-GAF-33 Versión: 03 Fecha: 02/07/2024

ANEXO 3

	INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS	Código: FO-GAF-33
		Versión: 03
		Fecha: 02/07/2024

ANEXO 3

	INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS	Código: **FO-GAF-33**
		Versión: **03**
		Fecha: **02/07/2024**

ANEXO 4

	INFORME DE SUPERVISIÓN PARA CONTRATOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS	Código: FO-GAF-33 Versión: 03 Fecha: 02/07/2024

ANEXO 4

1. Objetivo

Realizar el diseño técnico y el dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) centralizada para el proyecto Cimarronas, que permita recibir y tratar conjuntamente las aguas residuales provenientes de los desarrollos Jardines de Cimarronas y Senderos de Cimarronas, tomando como referencia una población de 4.000 habitantes asociada a 1.000 viviendas y un caudal preliminar de 5 L/s.

El diseño se orientará a la implementación de un tren de tratamiento fisicoquímico con coagulación, floculación, sedimentación y oxidación química, evaluando las unidades existentes que puedan ser aprovechadas o adaptadas, con el propósito de mejorar la calidad del efluente y verificar la viabilidad técnica de cumplir los límites de vertimiento aplicables.

2. Alcance del servicio

El proyecto contempla la revisión de la información técnica existente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Jardines de Cimarronas y Senderos de Cimarronas, para desarrollar una propuesta de tratamiento centralizado que permita recibir y tratar conjuntamente sus vertimientos. Se definirán los parámetros de diseño para una población de referencia de 4.000 habitantes, se revisarán los caudales y se realizará el dimensionamiento del tren de tratamiento propuesto, incluyendo pretratamiento, homogenización, coagulación, floculación, sedimentación fisicoquímica y oxidación química. Asimismo, se evaluará el aprovechamiento y la adaptación de las estructuras existentes, se establecerán los requerimientos básicos para el manejo de lodos y la operación del sistema, y se elaborará la memoria de cálculo con las recomendaciones técnicas necesarias para avanzar hacia el diseño

1. Objetivo

Realizar el diseño técnico y el dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) centralizada para el proyecto Cimarronas, que permita recibir y tratar conjuntamente las aguas residuales provenientes de los desarrollos Jardines de Cimarronas y Senderos de Cimarronas, tomando como referencia una población de 4.000 habitantes asociada a 1.000 viviendas y un caudal preliminar de 5 L/s.

El diseño se orientará a la implementación de un tren de tratamiento fisicoquímico con coagulación, floculación, sedimentación y oxidación química, evaluando las unidades existentes que puedan ser aprovechadas o adaptadas, con el propósito de mejorar la calidad del efluente y verificar la viabilidad técnica de cumplir los límites de vertimiento aplicables.

2. Alcance del servicio

El proyecto contempla la revisión de la información técnica existente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Jardines de Cimarronas y Senderos de Cimarronas, para desarrollar una propuesta de tratamiento centralizado que permita recibir y tratar conjuntamente sus vertimientos. Se definirán los parámetros de diseño para una población de referencia de 4.000 habitantes, se revisarán los caudales y se realizará el dimensionamiento del tren de tratamiento propuesto, incluyendo pretratamiento, homogenización, coagulación, floculación, sedimentación fisicoquímica y oxidación química. Asimismo, se evaluará el aprovechamiento y la adaptación de las estructuras existentes, se establecerán los requerimientos básicos para el manejo de lodos y la operación del sistema, y se elaborará la memoria de cálculo con las recomendaciones técnicas necesarias para avanzar hacia el diseño

AGUAS RESIDUALES CRUDAS

(Dos unidades)

|

v

1. REJILLA

Retención de sólidos gruesos

|

v

2. DESARENADOR

Retención de arenas y sólidos

inorgánicos

|

v

3. DESENGRASADOR

Separación de grasas y aceites

|

v

4. HOMOGENIZADOR

(Ecualización)

Regulación y homogenización del caudal

|

v

5. COAGULACIÓN – PAC

(Mezcla rápida)

Dosificación de coagulante

|

v

6. FLOCULACIÓN – POLÍMERO

(Mezcla lenta)

Formación de flóculos

|

v

7. SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

ACUAS RESIDUALES CRUDAS

(Dos unidades)

|

v

1. REJILLA

Retención de sólidos gruesos

|

v

2. DESARENADOR

Retención de arenas y sólidos

inorgánicos

|

v

3. DESENGRASADOR

Separación de grasas y aceites

|

v

4. HOMOGENIZADOR

(Ecualización)

Regulación y homogenización del caudal

|

v

5. COAGULACIÓN – PAC

(Mezcla rápida)

Dosificación de coagulante

|

v

6. FLOCULACIÓN – POLÍMERO

(Mezcla lenta)

Formación de flóculos

|

v

7. SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

Parámetro	Jardines	Condominio	Mezcla ponderada calculada
DQO	1.037,7 mg/L	838,4 mg/L	936,5 mg/L
DBO_5	262,7 mg/L	261,5 mg/L	262,1 mg/L
SST	250,0 mg/L	388,0 mg/L	318,6 mg/L
Grasas y aceites	83,1 mg/L	118,1 mg/L	100,5 mg/L
Sólidos sedimentables	Menor de 0,3 mL/L	Menor de 0,3 mL/L	Menor de 0,3 mL/L

Estos resultados son una estimación de la concentración de mezcla basada en las caracterizaciones individuales y en los caudales promedio reportados.

Cargas Contaminantes Condición Actual

Las cargas contaminantes se calculan a partir de la concentración y del caudal correspondiente mediante:

$$L = \frac{CQ_p}{1000}$$

Para la condición actual se utiliza el caudal de 156,38 m³/día y las concentraciones combinadas estimadas:

Parámetro	Concentración combinada estimada (mg/L)	Caudal (m^3/día)	Carga estimada (kg/día)
DQO	936,0	156,38	146,3
DBO_5	262,1	156,38	41,0
SST	318,6	156,38	49,8
Grasas y aceites	100,5	156,38	15,7

Estas cargas constituyen estimaciones derivadas de los caudales promedio y de las concentraciones reportadas en los informes. Permiten establecer una referencia cuantitativa para la condición actual y compararla con el escenario futuro.

Índice de biodegradabilidad y su implicación en el tratamiento

Parámetro	Sardinata	Ocaña	Mezcla ponderada calculada
DQO	1.032,7 mg/L	830,4 mg/L	936,5 mg/L
DBO5	262,7 mg/L	261,5 mg/L	262,1 mg/L
SST	250,0 mg/L	388,0 mg/L	318,6 mg/L
Grasas y aceites	83,2 mg/L	118,1 mg/L	100,5 mg/L
Sólidos sedimentables	Menor de 0,3 mL/L	Menor de 0,2 mL/L	Menor de 0,3 mL/L

Estos resultados son una estimación de la concentración de mezcla basada en las caracterizaciones individuales y en los caudales promedio reportados.

Cargas Contaminantes Condición Actual

Las cargas contaminantes se calculan a partir de la concentración y del caudal correspondiente mediante:

$$L = \frac{CQ_1}{1000}$$

Para la condición actual se utiliza el caudal de 156,38 m³/día y las concentraciones combinadas estimadas:

Parámetro	Concentración combinada estimada (mg/L)	Caudal (m³/día)	Carga estimada (kg/día)
DQO	936,0	156,38	146,3
DBO5	262,1	156,38	41,0
SST	318,6	156,38	49,8
Grasas y aceites	100,5	156,38	15,7

Estas cargas constituyen estimaciones derivadas de los caudales promedio y de las concentraciones reportadas en los informes. Permiten establecer una referencia cuantitativa para la condición actual y compararla con el escenario futuro.

Índice de biodegradabilidad y su implicación en el tratamiento

RAS.

Para el diseño hidráulico se adopta un caudal máximo de 2,5 L/s por canal durante las horas pico, equivalente a un caudal máximo conjunto de 5,0 L/s. Bajo una profundidad de operación de 0,25 m, la velocidad de aproximación calculada es de 0,025 m/s, inferior al límite máximo de 1,2 m/s.

La propuesta conserva los canales construidos y contempla la adecuación de las rejillas, sus elementos de soporte, aislamiento y limpieza, de manera que se garantice la retención de sólidos gruesos y la protección de las unidades posteriores del tratamiento.

4.3 Separador de grasa

Cada separador se dimensionará para recibir el caudal de su respectivo canal de cribado.

Parámetro	Jardines	Senderos
Caudal medio	0,91 L/s	0,90 L/s
Caudal máximo adoptado	2,50 L/s	2,50 L/s
Caudal máximo	9,0 m³/h	9,0 m³/h
Tipo de unidad	PRFV	PRFV
Número de unidades	1	1

Cada unidad tendría tres compartimientos:

1. Cámara de entrada: recibe el agua cribada y disipa la energía del flujo.
2. Cámara de separación: permite la flotación y retención de grasas y aceites.
3. Cámara de salida: retiene flotantes residuales y conduce el efluente hacia homogenización.

Se debe prever extracción independiente de grasas y lodos, tapas de inspección y limpieza, ventilación y conexiones hidráulicas accesibles.

RAS.

Para el diseño hidráulico se adopta un caudal máximo de 2,5 L/s por canal durante las horas pico, equivalente a un caudal máximo conjunto de 5,0 L/s. Bajo una profundidad de operación de 0,25 m, la velocidad de aproximación calculada es de 0,025 m/s, inferior al límite máximo de 1,2 m/s.

La propuesta conserva los canales construidos y contempla la adecuación de las rejillas, sus elementos de soporte, aislamiento y limpieza, de manera que se garantice la retención de sólidos gruesos y la protección de las unidades posteriores del tratamiento.

4.3 Separador de grasa

Cada separador se dimensionará para recibir el caudal de su respectivo canal de cribado.

Parámetro	Jardines	Senderos
Caudal medio	0,91 L/s	0,90 L/s
Caudal máximo adoptado	2,50 L/s	2,50 L/s
Caudal máximo	9,0 m³/h	9,0 m³/h
Tipo de unidad	PRFV	PRFV
Número de unidades	1	1

Cada unidad tendría tres compartimientos:

1. Cámara de entrada: recibe el agua cribada y disipa la energía del flujo.
2. Cámara de separación: permite la flotación y retención de grasas y aceites.
3. Cámara de salida: retiene flotantes residuales y conduce el efluente hacia homogenización.

Se debe prever extracción independiente de grasas y lodos, tapas de inspección y limpieza, ventilación y conexiones hidráulicas accesibles.

% de PAC activo.

PAC activo equivalente = 300 mg/L × 0,30 = 90 mg/L.

Producto comercial requerido = 300 mg/L × 432.000 L/d = 129.600.000 mg/d = 129,6 kg/d.

PAC activo requerido = 129,6 kg/d × 0,30 = 38,88 kg/d.

A caudal máximo: producto comercial = 300 mg/L × 5 L/s = 1,50 g/s = 5,40 kg/h; PAC activo = 0,45 g/s = 1,62 kg/h.

El producto comercial utilizado contiene 30 % de PAC activo. Por tanto, una dosis de 300 mg/L de producto comercial equivale a 90 mg/L de PAC activo. Para un caudal de 5 L/s (432 m³/d), la dosificación corresponde a 5,40 kg/h y 129,6 kg/d de producto comercial, equivalentes a 1,62 kg/h y 38,88 kg/d de PAC activo.

La equivalencia de concentración activa utilizada en esta memoria es:

PAC activo = 300 mg/L × 0,30 = 90 mg/L.

La concentración de PAC activo se conserva como tal para el balance de dosificación.

Esta equivalencia se utiliza en todos los balances de consumo de reactivo de la unidad.

Estequiometría y mecanismo químico de coagulación

El PAC es un coagulante prehidrolizado de aluminio. Su composición se representa de forma general como especies polinucleares de aluminio, que pueden expresarse esquemáticamente como $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$. La distribución de especies depende de la basicidad, concentración, proceso de fabricación y pH.

Durante la coagulación se presentan, de manera simplificada, dos mecanismos: (i) neutralización de carga de partículas coloidales por especies catiónicas de aluminio; y (ii) formación de precipitados/hidróxidos de aluminio que atrapan partículas por barrido o

% de PAC activo.

PAC activo equivalente = 300 mg/L × 0,30 = 90 mg/L.

Producto comercial requerido = 300 mg/L × 432.000 L/d = 129.600.000 mg/d = 129,6 kg/d.

PAC activo requerido = 129,6 kg/d × 0,30 = 38,88 kg/d.

A caudal máximo: producto comercial = 300 mg/L × 5 L/s = 1,50 g/s = 5,40 kg/h; PAC activo = 0,45 g/s = 1,62 kg/h.

El producto comercial utilizado contiene 30 % de PAC activo. Por tanto, una dosis de 300 mg/L de producto comercial equivale a 90 mg/L de PAC activo. Para un caudal de 5 L/s (432 m³/d), la dosificación corresponde a 5,40 kg/h y 129,6 kg/d de producto comercial, equivalentes a 1,62 kg/h y 38,88 kg/d de PAC activo.

La equivalencia de concentración activa utilizada en esta memoria es:

PAC activo = 300 mg/L × 0,30 = 90 mg/L.

La concentración de PAC activo se conserva como tal para el balance de dosificación.

Esta equivalencia se utiliza en todos los balances de consumo de reactivo de la unidad.

Estequiometría y mecanismo químico de coagulación

El PAC es un coagulante prehidrolizado de aluminio. Su composición se representa de forma general como especies polinucleares de aluminio, que pueden expresarse esquemáticamente como $Al_a(OH)_mCl_{(3a-m)}$. La distribución de especies depende de la basicidad, concentración, proceso de fabricación y pH.

Durante la coagulación se presentan, de manera simplificada, dos mecanismos: (i) neutralización de carga de partículas coloidales por especies catiónicas de aluminio; y (ii) formación de precipitados/hidróxidos de aluminio que atrapan partículas por barrido o

conceptual, pueden evaluarse gradientes de 50–60 s^{-1} en la primera cámara, 30–40 s^{-1} en la segunda y 15–25 s^{-1} en la tercera.

Compatibilidad con el resultado de jarras

El informe reporta flóculos mayores y sedimentación aproximada de 30 s con polímero catiónico a 1 mg/L.

Balance teórico de DBOs y DQO del bloque

Parámetro	Entrada	Remoción adoptada	Remoción (mg/L)	Salida calculada	Carga de salida
DBO5	262.1 mg/L	25 %	65.53	196.58 mg/L	84.92 kg/d
DQO	937.1 mg/L	35 %	327.99	609.12 mg/L	263.14 kg/d

Cálculo DQO: ΔDQO = 937,1 × 0,35 = 327.99 mg/L. DQO salida = 937,1 − 327,99 = 609.12 mg/L.

Cálculo DBO5: ΔDBO5 = 262,1 × 0,25 = 65.53 mg/L. DBO5 salida = 262,1 − 65,525 = 196.58 mg/L.

La mayor eficiencia asignada a DQO se justifica como escenario de captura de materia orgánica coloidal/particulada. La turbiedad residual menor de 5 NTU es evidencia de clarificación de sólidos/coloides.

4.6 Oxidación

La reducción requerida se calcula como diferencia entre la concentración de entrada y la concentración objetivo.

Parámetro	Entrada Fenton	Objetivo	Reducción requerida	Eficiencia requerida
DBO5	196.6 mg/L	90.0 mg/L	106.6 mg/L	54.2 %
DQO	609.1 mg/L	180.0 mg/L	429.1 mg/L	70.4 %

Para DQO: ΔDQO = 609,1 − 180,0 = 429.1 mg/L.

Carga de DQO que debe oxidarse = 429.1 mg/L × 432 m^3/d ÷ 1.000 =

conceptual, pueden evaluarse gradientes de 50–60 s^{-1} en la primera cámara, 30–40 s^{-1} en la segunda y 15–25 s^{-1} en la tercera.

Compatibilidad con el resultado de jarras

El informe reporta flóculos mayores y sedimentación aproximada de 30 s con polímero catiónico a 1 mg/L.

Balance teórico de DBOs y DQO del bloque

Parámetro	Entrada	Remoción adoptada	Remoción (mg/L)	Salida calculada	Carga de salida
DBOs	262.1 mg/L	25 %	65.53	196.58 mg/L	84.92 kg/d
DQO	937.1 mg/L	35 %	327.99	609.12 mg/L	263.14 kg/d

Cálculo DQO: ΔDQO = 937,1 × 0,35 = 327.99 mg/L. DQO salida = 937,1 − 327,99 = 609.12 mg/L.

Cálculo DBOs: ΔDBOs = 262,1 × 0,25 = 65.53 mg/L. DBOs salida = 262,1 − 65,525 = 196.58 mg/L.

La mayor eficiencia asignada a DQO se justifica como escenario de captura de materia orgánica coloidal/particulada. La turbiedad residual menor de 5 NTU es evidencia de clarificación de sólidos/coloides.

4.6 Oxidación

La reducción requerida se calcula como diferencia entre la concentración de entrada y la concentración objetivo.

Parámetro	Entrada Fenton	Objetivo	Reducción requerida	Eficiencia requerida
DBOs	196.6 mg/L	90.0 mg/L	106.6 mg/L	54.2 %
DQO	609.1 mg/L	180.0 mg/L	429.1 mg/L	70.4 %

Para DQO: ΔDQO = 609,1 − 180,0 = 429.1 mg/L.

Carga de DQO que debe oxidarse = 429.1 mg/L × 432 m^3/d ÷ 1.000 =

Conversión a sulfato ferroso heptahidratado

Se selecciona sulfato ferroso heptahidratado, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, con masa molar de 278,01 g/mol. La conversión se realiza por relación de masas molares:

$D(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = 224.6 \times (278,01 \div 55,845) = 1117.9$ mg/L.

Consumo diario = 1117.9 × 432 ÷ 1.000 = 482.93 kg/d.

Consumo horario = 482.93 ÷ 24 = 20.12 kg/h.

Reactivo	Dosis	Consumo diario	Consumo horario
H_2O_2 activo	1367.8 mg/L	590.67 kg/d	24.62 kg/h
Solución H_2O_2 35 %	3907.9 mg/L	1688.20 kg/d	70.34 kg/h
Fe^{2+} como Fe	224.6 mg/L	97.01 kg/d	4.04 kg/h
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1117.9 mg/L	482.93 kg/d	20.12 kg/h

Reactor Fenton: tiempo de contacto y volumen

Se adopta un tiempo de contacto de diseño de 60 minutos para el reactor Fenton. El tiempo permite desarrollar la reacción de oxidación bajo mezcla y dosificación controladas.

Volumen hidráulico requerido: $V = Q \times t = 18,0\ m^3/h \times 1,0\ h = 18.0\ m^3$.

Parámetro	Valor de diseño
Caudal máximo	18,0 m^3/h
Tiempo de contacto	60 min
Volumen útil del reactor	18,0 m^3
Configuración conceptual	Tanque agitado, con dosificación secuencial/controlada
Condición de operación	pH 2,8–3,0

El volumen indicado corresponde al volumen útil de reacción. El volumen geométrico total del tanque debe incluir borde libre y espacio para accesorios, difusores/boquillas, agitador y conexiones.

Conversión a sulfato ferroso heptahidratado

Se selecciona sulfato ferroso heptahidratado, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, con masa molar de 278,01 g/mol. La conversión se realiza por relación de masas molares:

$D(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = 224.6 \times (278{,}01 \div 55{,}845) = 1117.9$ mg/L.

Consumo diario = $1117.9 \times 432 \div 1.000 = 482.93$ kg/d.

Consumo horario = $482.93 \div 24 = 20.12$ kg/h.

Reactivo	Dosis	Consumo diario	Consumo horario
H_2O_2 activo	1367.8 mg/L	590.87 kg/d	24.62 kg/h
Solución H_2O_2 35 %	3907.9 mg/L	1688.20 kg/d	70.34 kg/h
Fe^{2+} como Fe	224.6 mg/L	97.01 kg/d	4.04 kg/h
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1117.9 mg/L	482.93 kg/d	20.12 kg/h

Reactor Fenton: tiempo de contacto y volumen

Se adopta un tiempo de contacto de diseño de 60 minutos para el reactor Fenton. El tiempo permite desarrollar la reacción de oxidación bajo mezcla y dosificación controladas.

Volumen hidráulico requerido: $V = Q \times t = 18{,}0\ m^3/h \times 1{,}0\ h = 18.0\ m^3$.

Parámetro	Valor de diseño
Caudal máximo	18,0 m³/h
Tiempo de contacto	60 min
Volumen útil del reactor	18,0 m³
Configuración conceptual	Tanque agitado, con dosificación secuencial/controlada
Condición de operación	pH 2,8–3,0

El volumen indicado corresponde al volumen útil de reacción. El volumen geométrico total del tanque debe incluir borde libre y espacio para accesorios, difusores/boquillas, agitador y conexiones.

Variable	Valor adoptado	Base
Caudal de diseño	5,0 L/s	Caudal adoptado para la PTAR
Caudal horario	18,0 m³/h	5,0 × 3.600 / 1.000
Caudal diario	432 m³/d	18 × 24
DBO₅ a la entrada del CAG	≤90 mg/L	Meta de salida Fenton + clarificación + neutralización
DQO a la entrada del CAG	<180 mg/L	Meta de salida Fenton + clarificación + neutralización
pH de alimentación	6,5–8,5	Rango operativo de neutralización adoptado
Sólidos	Agua clarificada	Clarificación post-Fenton antes del CAG

Para el dimensionamiento se emplea el caudal total de 18 m³/h. Las concentraciones de DBO₅ y DQO corresponden a las metas de alimentación del CAG establecidas en la memoria de Fenton. El balance del tren conserva estas concentraciones a través del CAG, de modo que el cumplimiento de las metas de 90 mg/L de DBO₅ y 180 mg/L de DQO se exige antes de esta unidad; el CAG entrega margen de pulimiento adicional.

Fundamento del proceso de adsorción

La adsorción ocurre cuando moléculas presentes en el agua se transportan desde el seno del líquido hasta la superficie externa del grano, difunden a través de los poros y ocupan sitios activos de la superficie interna del carbón. El desempeño depende de la naturaleza del compuesto, concentración, pH, temperatura, competencia entre solutos, tamaño de poro, área superficial, tiempo de contacto y condición de saturación del medio.

Variable	Valor adoptado	Base
Caudal de diseño	5,0 L/s	Caudal adoptado para la PTAR
Caudal horario	18,0 m³/h	5,0 × 3.600 / 1.000
Caudal diario	432 m³/d	18 × 24
DBO₅ a la entrada del CAG	≤90 mg/L	Meta de salida Fenton + clarificación + neutralización
DQO a la entrada del CAG	≤180 mg/L	Meta de salida Fenton + clarificación + neutralización
pH de alimentación	6,5–8,5	Rango operativo de neutralización adoptado
Sólidos	Agua clarificada	Clarificación post-Fenton antes del CAG

Para el dimensionamiento se emplea el caudal total de 18 m³/h. Las concentraciones de DBO₅ y DQO corresponden a las metas de alimentación del CAG establecidas en la memoria de Fenton. El balance del tren conserva estas concentraciones a través del CAG, de modo que el cumplimiento de las metas de 90 mg/L de DBO₅ y 180 mg/L de DQO se exige antes de esta unidad; el CAG entrega margen de pulimento adicional.

Fundamento del proceso de adsorción

La adsorción ocurre cuando moléculas presentes en el agua se transportan desde el seno del líquido hasta la superficie externa del grano, difunden a través de los poros y ocupan sitios activos de la superficie interna del carbón. El desempeño depende de la naturaleza del compuesto, concentración, pH, temperatura, competencia entre solutos, tamaño de poro, área superficial, tiempo de contacto y condición de saturación del medio.

conservar el volumen de lecho calculado y ser compatible con el sistema de retrolavado.

Propiedad del CAG	Requisito de compra/diseño
Tipo	Carbón activado granular para tratamiento de agua
Granulometría	Distribución uniforme y compatible con pérdida de carga y retrolavado
Índice de yodo	Solicitar valor certificado del lote; criterio de selección de actividad microporosa
Densidad aparente	Solicitar valor certificado para calcular masa de llenado
Dureza / resistencia a abrasión	Solicitar certificado para limitar finos y pérdidas por retrolavado
Contenido de cenizas y humedad	Solicitar ficha técnica y certificado de lote
Capacidad dinámica	Solicitar capacidad de adsorción para matriz orgánica comparable y curva de ruptura
Compatibilidad	Apto para operación en agua residual tratada, pH 6,5–8,5

La masa de carbón por filtro se calcula una vez recibida la densidad aparente certificada: M = Vlecho × paparente. Para cada unidad: M = 1,50 m³ × paparente (kg/m³). La masa total corresponde a 3,00 m³ × paparente.

Balance de DBOs y DQO a través del CAG

La alimentación de diseño al CAG se fija en DBOs ≤90 mg/L y DQO ≤180 mg/L, correspondientes a la meta de salida de Fenton, clarificación y neutralización.

Parámetro	Entrada CAG	Remoción acreditada en balance	Salida de cálculo

conservar el volumen de lecho calculado y ser compatible con el sistema de retrolavado.

Propiedad del CAG	Requisito de compra/diseño
Tipo	Carbón activado granular para tratamiento de agua
Granulometría	Distribución uniforme y compatible con pérdida de carga y retrolavado
Índice de yodo	Solicitar valor certificado del lote; criterio de selección de actividad microporosa
Densidad aparente	Solicitar valor certificado para calcular masa de llenado
Dureza / resistencia a abrasión	Solicitar certificado para limitar finos y pérdidas por retrolavado
Contenido de cenizas y humedad	Solicitar ficha técnica y certificado de lote
Capacidad dinámica	Solicitar capacidad de adsorción para matriz orgánica comparable y curva de ruptura
Compatibilidad	Apto para operación en agua residual tratada, pH 6,5–8,5

La masa de carbón por filtro se calcula una vez recibida la densidad aparente certificada: M = Vlecho × paparente. Para cada unidad: M = 1,50 m³ × paparente (kg/m³). La masa total corresponde a 3,00 m³ × paparente.

Balance de DBOs y DQO a través del CAG

La alimentación de diseño al CAG se fija en DBOs ≤90 mg/L y DQO ≤180 mg/L, correspondientes a la meta de salida de Fenton, clarificación y neutralización.

Parámetro	Entrada CAG	Remoción acreditada en balance	Salida de cálculo