CONCEPTO TÉCNICO DE INSPECCIÓN VISUAL

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Municipio de Vélez — Departamento de Santander, Colombia

Fecha de inspección	Martes, 12 de mayo de 2026
Tipo de actuación	Inspección visual técnica (sin toma de muestras)
Hora de inicio	15:05 (registro fotográfico inicial)
Coordenadas centrales	5.999°N, 73.675°W (Vélez, Santander)
Método de registro	Fotografía georreferenciada.

1. Naturaleza y Alcance del Concepto Técnico

1.1 Definición de la actuación

El presente documento corresponde a un **concepto técnico derivado de una visita de inspección visual** realizada a la planta de tratamiento del municipio de Vélez (Santander). Una visita técnica de inspección visual es una actuación de campo en la que el profesional evaluador recorre las unidades de proceso y la infraestructura asociada, registrando mediante fotografía georreferenciada y notas escritas las condiciones observables a simple vista: estado físico de estructuras, integridad de tuberías y accesorios, condiciones de seguridad, prácticas operativas evidentes y aspectos cualitativos del agua (color, espumación, presencia de sólidos flotantes, olores, turbiedad aparente).

Esta modalidad de visita **no incluye toma de muestras de calidad del agua** ni la ejecución de ensayos fisicoquímicos o microbiológicos en laboratorio. En consecuencia, los hallazgos no permiten emitir juicios cuantitativos sobre eficiencias de remoción, cumplimiento de límites máximos permisibles de vertimiento, ni concentraciones específicas de contaminantes. Las conclusiones y sugerencias que se desprenden de este concepto son de naturaleza **cualitativa y descriptiva**, basadas exclusivamente en la inspección sensorial y en el contraste de lo observado con los referentes técnicos y normativos aplicables.

1.2 Alcance

El alcance de este concepto técnico comprende los siguientes aspectos:

- **Documentación fotográfica georreferenciada** de las unidades de proceso accesibles durante el recorrido del día 12 de mayo de 2026, en el rango horario de 15:05 a 15:52.
- **Análisis técnico descriptivo** de cada fotografía con identificación de elementos observables, condiciones operativas aparentes y referencias normativas aplicables a cada hallazgo.
- **Diagnóstico cualitativo** del estado de la infraestructura, prácticas operativas y condiciones de seguridad industrial.
- **Formulación de conclusiones y recomendaciones de mejora** priorizadas según el nivel de riesgo y la facilidad de implementación, con sustento técnico y normativo.

1.3 Limitaciones del concepto

Por tratarse de una inspección exclusivamente visual, este concepto no constituye una evaluación integral de la planta. Quedan fuera del alcance: (i) la caracterización fisicoquímica y microbiológica de afluente y efluente; (ii) la verificación de balances hidráulicos y de masa; (iii) la determinación cuantitativa de eficiencias de remoción de DBO, DQO, sólidos suspendidos y nutrientes; (iv) los ensayos de hermeticidad o pruebas estructurales destructivas; (v) la auditoría documental de licencias, permisos y registros de operación. Para emitir un concepto integral y vinculante sobre el desempeño y el cumplimiento normativo de la planta, se requiere complementar esta inspección con una campaña de muestreo conforme a los procedimientos establecidos en la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

1.4 Objetivo del concepto técnico

Documentar y analizar, mediante inspección visual georreferenciada, el estado actual de la infraestructura, las prácticas operativas evidentes y las condiciones aparentes de cumplimiento normativo de la planta de tratamiento de Vélez (Santander), con el propósito de identificar hallazgos críticos, formular recomendaciones de mitigación a corto plazo y proponer lineamientos para una eventual reformulación del sistema de tratamiento.

2. Metodología de la Inspección

El procedimiento aplicado durante la visita consistió en un recorrido sistemático por las unidades de la planta, registrando cada elemento de interés mediante la aplicación Timemark, que asocia a cada fotografía la fecha, la hora exacta, las coordenadas geográficas y un código de verificación que garantiza la trazabilidad e integridad del registro. Las fotografías se ordenaron secuencialmente y se acompañaron de notas técnicas sobre los aspectos observables. El análisis posterior contrastó los hallazgos con los lineamientos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que actualizó el RAS 2000), la Resolución 0631 de 2015 sobre límites máximos permisibles de vertimientos puntuales, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Ley 1968 de 2019 sobre prohibición de asbesto.

La selección de criterios de análisis se apoyó en el marco conceptual descrito por Tchobanoglous, Burton y Stensel (2003) en su obra de referencia sobre ingeniería de aguas residuales, así como en publicaciones recientes sobre procesos de lodos activados (Achal, 2025) y caracterización de plantas del sector productivo (Yáñez-Hernández et al., 2024).

3. Registro Fotográfico y Análisis Técnico por Unidad

A continuación, se presentan las fotografías documentadas, cada una con su análisis técnico verificado.

Fotografía 1. Tanque tipo Coleman como punto intermedio de descarga

Fotografía 1	
Hora de captura: 15:05 | **Coordenadas:** 5.999230°N, 73.674977°W	
	La imagen muestra un tanque plástico tipo Coleman con capacidad nominal de 1000 litros, identificado por el rótulo visible en su superficie. El tanque opera como punto intermedio de descarga y recibe agua desde una tubería corrugada negra de gran diámetro que ingresa desde la derecha. Sobre el tanque se observan múltiples salidas con válvulas tipo bola para control manual de flujo, conectadas a una estructura de soporte en concreto. Las paredes del tanque presentan crecimiento evidente de algas y biofilm verde en su exterior, lo que indica humedad permanente y exposición a la radiación solar. La estructura de concreto que sirve de soporte se observa en condición aceptable, con pintura blanca relativamente conservada.

	La parte superior cuenta con barandilla metálica pintada en color amarillo de seguridad. El tanque carece de cubierta hermética, condición que expone el agua almacenada al ingreso de material atmosférico, vectores y radiación solar directa, factores que favorecen la proliferación microbiana descontrolada.

Fotografía 2. Vista lateral de sopladores tipo Roots y tablero de dosificación

Fotografía 2	
Hora de captura: 15:08 | **Coordenadas:** 5.999132°N, 73.674867°W	
	Se observan dos sopladores tipo Roots con motores eléctricos trifásicos acoplados mediante poleas (uno gris claro y uno azul), transmisión por correas y silenciadores cilíndricos verticales con filtros de aire en la cubierta superior. Los sopladores suministran aire al sistema biológico, función esencial para el proceso de lodos activados donde la concentración de oxígeno disuelto controla la actividad microbiana aerobia. A la izquierda se aprecia un tablero auxiliar con un selector manual–automático y un solo indicador rotulado como bomba dosificadora. La cubierta de protección es metálica tipo galvalume con perfiles tubulares y luminaria fluorescente. Sobre la plataforma se observa un rastrillo (parcialmente visible en la parte inferior) y cuerdas amarradas, lo que evidencia almacenamiento improvisado de herramientas en el área de equipos rotativos. Esta práctica constituye una condición insegura conforme a los principios generales de seguridad industrial aplicables a salas de máquinas.

Fotografía 3. Tablero de control eléctrico principal marca JFC

Fotografía 3
Hora de captura: 15:08 | **Coordenadas:** 5.999129°N, 73.674958°W



Tablero de control eléctrico de fabricación industrial marca JFC, con señalización de riesgo eléctrico (rayo en triángulo amarillo) visible en su parte central. El tablero presenta dos hileras de paneles de mando, cada panel con indicadores luminosos en verde y rojo y selectores manuales tipo perilla, correspondientes a equipos de bombeo y aireación. En la parte superior se observa la iluminación fluorescente del recinto y la cubierta metálica galvalume.

La carcasa del tablero se encuentra en estado conservado, sin deformaciones aparentes, con bisagra y manija de cierre visibles. No se identifican en esta imagen cables expuestos en la parte superior del gabinete; el cableado de salida no es visible desde este ángulo. Sin embargo, la ubicación del tablero a la intemperie bajo cubierta parcial y la proximidad con equipos rotativos exige verificar el cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, Resolución 90708 de 2013) en cuanto a grado de protección IP, distancias de seguridad y sistema de puesta a tierra. Estos aspectos no son determinables únicamente por inspección visual y requieren verificación instrumental.

Fotografía 4. Cámara de aforo con acumulación de sólidos (vista 1)

Fotografía 4

Hora de captura: 15:10 | **Coordenadas:** 5.999161°N, 73.674984°W



Cámara rectangular de concreto que funciona como estructura de aquietamiento o cámara de aforo previa a la medición de caudal. La descarga proviene de una tubería metálica vertical visible en la parte superior, que descarga el agua hacia el canal generando turbulencia y arrastre superficial.

Se evidencia acumulación significativa de residuos sólidos en la zona de remanso: hojas en descomposición, plásticos diversos, colillas de cigarrillo y materia orgánica. Esta condición ocurre por la ausencia de una rejilla de cribado en el punto de ingreso. El cribado es la primera operación unitaria en cualquier sistema de tratamiento y tiene la función de retener materiales gruesos que de otro modo dañarían equipos aguas abajo o alterarían los procesos posteriores (Tchobanoglous, Burton y Stensel, 2003). La descomposición de la materia orgánica acumulada genera condiciones anaerobias localizadas con producción de

	olores ofensivos por liberación de ácidos grasos volátiles y compuestos azufrados.

Fotografía 5. Cámara de aforo con acumulación de sólidos (vista 2)

Fotografía 5	
Hora de captura: 15:10 **|** **Coordenadas:** 5.999161°N, 73.674984°W	
	Misma cámara documentada en la fotografía anterior, captada con un encuadre ligeramente diferente. Se confirma visualmente la composición heterogénea de los residuos sólidos: materia vegetal en estado avanzado de descomposición, envoltorios plásticos y elementos no biodegradables. El chorro de descarga ingresa con velocidad considerable y arrastra burbujas hacia el fondo, lo que indica una caída libre sin estructura disipadora de energía. Las paredes de concreto evidencian carbonatación superficial y crecimiento microbiológico (musgo y algas) en la línea de máxima humedad. La acumulación de material flotante altera la lámina de agua y compromete la precisión de cualquier sistema de medición de caudal que pudiera estar instalado aguas abajo, ya que la geometría efectiva del canal queda modificada por los residuos. Es prioritario el retiro inmediato de estos residuos y la instalación de una rejilla de cribado conforme a las recomendaciones técnicas del sector.

Fotografía 6. Caja de inspección con agua estancada

Fotografía 6	
Hora de captura: 15:10 **|** **Coordenadas:** 5.999162°N, 73.674991°W	
	Caja de inspección rectangular en concreto, de dimensiones aproximadas 0,4 m por 1,2 m, que contiene agua estancada de coloración marrón clara. En el costado derecho de la imagen se observa una segunda caja de inspección con acumulación de sedimentos, basuras y restos sólidos visibles, junto a la tubería metálica documentada en las fotografías anteriores. La estructura cuenta con barandilla de protección perimetral metálica pintada en amarillo y negro de seguridad, con líquenes y musgo en los empotramientos. La ausencia de tapa de cierre en ambas cajas constituye un riesgo de caída para el personal operativo y permite el ingreso libre de contaminantes externos. El reflejo plano del agua sin

	movimiento confirma la condición de estancamiento, escenario propicio para la sedimentación de partículas y la generación de condiciones anaerobias en el fondo.

Fotografía 7. Tanque de floculación o sedimentación primaria

Fotografía 7	
Hora de captura: 15:15 | **Coordenadas:** 5.999134°N, 73.674989°W	
	Tanque rectangular alargado con un sistema de tuberías de distribución suspendidas pintadas en color amarillo de seguridad. Cada ramal lateral cuenta con una bajante vertical que penetra al interior del tanque, configuración consistente con un sistema de alimentación o aireación distribuida. El agua presenta coloración marrón uniforme con turbidez visiblemente alta, característica que sugiere alta carga de sólidos suspendidos. En tratamiento primario, esta es una condición esperada antes de la sedimentación, donde de acuerdo con la literatura técnica se logran remociones del 25 al 75 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno y de sólidos suspendidos totales (Tchobanoglous, Burton y Stensel, 2003). Las paredes del tanque exhiben manchas oscuras por contacto prolongado con agua coagulada y crecimiento de biofilm en la línea de aire. Las bajantes presentan acumulación de sedimentos en su parte sumergida, evidenciada por las manchas oscuras en los puntos de descarga.

Fotografía 8. Tubería principal con válvula y caja de inspección con humedad permanente

Fotografía 8	
Hora de captura: 15:22 | **Coordenadas:** 5.999111°N, 73.675060°W	
	Tubería principal horizontal de aproximadamente 4 pulgadas de diámetro nominal, pintada en color amarillo de seguridad. La tubería incorpora una válvula con accionamiento por palanca cuyo vástago atraviesa hacia la caja de inspección inferior. La unión bridada visible a la izquierda presenta seis pernos en disposición circular, configuración apropiada para manejar presiones moderadas. Bajo la tubería se observa una caja de inspección de concreto sin tapa, en cuyo interior crece vegetación abundante (musgo y plantas pequeñas) en condición de humedad permanente. Esta humedad constante es un indicador visual de fuga menor a través de la válvula o por

	sus uniones. La pintura amarilla muestra descascaramiento puntual y la superficie de concreto adyacente presenta colonización por musgo en la línea de goteo. Se sugiere verificar la hermeticidad de la válvula y, de confirmarse fuga, programar el reemplazo del empaque o del cuerpo según corresponda.

Fotografía 9. Unión mecánica tipo Dresser entre tramos de tubería

Fotografía 9	
Hora de captura: 15:22 | **Coordenadas:** 5.999170°N, 73.675088°W	
	Detalle de acople mecánico tipo Dresser entre dos tramos de tubería metálica pintada en amarillo. Este tipo de unión utiliza pernos de tensión que comprimen empaques contra la superficie externa de las tuberías para lograr estanqueidad sin necesidad de soldadura, lo que la hace especialmente útil para uniones desmontables y para absorber pequeñas desviaciones angulares. Los pernos del acople presentan óxido superficial, condición que dificultaría futuras maniobras de desmontaje. Junto al acople se observa un amarre con alambre o cuerda fina de color verde, intervención improvisada cuya finalidad no es identificable visualmente y que sugiere una reparación informal o señalización temporal. La superficie de concreto bajo el acople muestra coloración húmeda y crecimiento de musgo, lo que es compatible con un goteo persistente. El entorno presenta vegetación alta (pastos) sin control, que dificulta la inspección periódica y aumenta la presencia de vectores.

Fotografía 10. Lechos de secado de lodos con almacenamiento de materiales

Fotografía 10	
Hora de captura: 15:23 | **Coordenadas:** 5.999170°N, 73.675088°W	
	Lechos de secado de lodos conformados por compartimientos en concreto reforzado bajo cubierta de teja ondulada. Sobre la era de secado se observa almacenamiento inadecuado de costales con material granular (probablemente material filtrante o adsorbente como carbón activado), un tarro plástico de químico y herramientas manuales tipo pala. Esta práctica viola los principios de buena operación porque permite contaminación cruzada entre el material almacenado y los lodos en proceso de deshidratación, y dificulta la operación

	normal de las eras. En el compartimiento visible al fondo se aprecia material granular grueso que sugiere que la configuración estratigráfica del lecho (arena fina sobre grava) podría no corresponder a lo recomendado por el Reglamento Técnico del Sector, lo que afectaría la velocidad de drenaje y la eficiencia de deshidratación del lodo.

Fotografía 11. Punto de descarga final del efluente tratado

Fotografía 11	
Hora de captura: 15:29 | **Coordenadas:** 5.999068°N, 73.675076°W	
	Punto de descarga final del efluente, conformado por una tubería vertical de PVC pintada en amarillo con válvula tipo compuerta de palanca (color rojo) en su parte inferior. La descarga cae sobre un canal o cuneta revestida en concreto que conduce el flujo hacia el terreno adyacente. El canal de descarga presenta crecimiento abundante de algas filamentosas y musgo, lo que evidencia humedad permanente y posible contenido residual de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en el efluente. La presencia visible de estos crecimientos es un indicador cualitativo, no cuantitativo, de eutrofización potencial en el cuerpo receptor. Para verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, es indispensable realizar una caracterización fisicoquímica y microbiológica del vertimiento, actuación que excede el alcance de esta inspección visual.

Fotografía 12. Reparación improvisada en tubería con válvula tipo mariposa

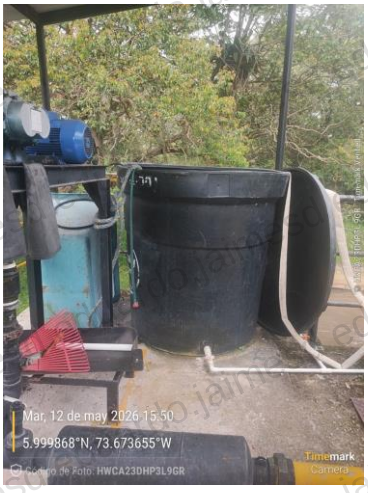
Fotografía 12	
Hora de captura: 15:32 | **Coordenadas:** 5.999094°N, 73.675097°W	
	La imagen documenta una situación crítica que requiere acción inmediata. Se observa una tubería metálica horizontal pintada en amarillo con una válvula tipo mariposa accionada por palanca, instalada en posición vertical sobre la línea principal. La conexión entre la válvula y el codo de la tubería se encuentra reparada de manera improvisada mediante envoltura de cinta adhesiva negra y fragmentos de plástico flexible que se proyectan desde la unión. Este tipo de intervención no constituye una reparación técnica admisible para conducciones a presión. La cinta y

	el plástico improvisados no garantizan estanqueidad sostenida ni resistencia mecánica, y son altamente susceptibles a degradación por exposición ambiental. Se infiere que existe o existió una fuga en este punto que fue mitigada de forma provisional. Es necesario el reemplazo del empaque o de los componentes deteriorados conforme a las especificaciones del fabricante, así como una verificación de la presión de operación y del estado de la válvula completa.

Fotografía 13. Área perimetral con vegetación no controlada

Fotografía 13	
Hora de captura: 15:35 **|** **Coordenadas:** 5.999194°N, 73.674999°W	
	Vista del foso de cribado, con vegetación crecida (pastos altos, gramíneas y arbustos) que no ha recibido mantenimiento reciente. La vegetación alta favorece la presencia de vectores (roedores, insectos, ofidios), reduce la visibilidad para la detección oportuna de fugas o intrusiones, y puede ocultar daños estructurales en muros enterrados o cajas de inspección. Las raíces de gramíneas agresivas no comprometen estructuras de concreto en horizontes cortos, pero los arbustos leñosos sí pueden hacerlo a mediano plazo. Se recomienda establecer un programa de mantenimiento de áreas verdes con frecuencia mensual durante la temporada de lluvias.

Fotografía 14. Área de químicos y equipos auxiliares con almacenamiento desordenado

Fotografía 14	
Hora de captura: 15:50 **|** **Coordenadas:** 5.999868°N, 73.673655°W	
	Vista de una zona auxiliar bajo cubierta donde coexisten varios elementos heterogéneos: un soplador tipo Roots con motor azul a la izquierda (similar a los documentados en la fotografía 2), un tanque cilíndrico azul de menor diámetro (posiblemente para almacenamiento de un químico o producto líquido), un tanque tipo Coleman negro de mayor capacidad con cuerda atada como soporte, mangueras flexibles y un rastrillo plástico rojo en el piso. La distribución del espacio no obedece a un criterio de zonificación operativa. La mezcla de equipos electromecánicos en operación con elementos de aseo (rastrillo) y tanques de almacenamiento de líquidos en el mismo espacio genera riesgos cruzados: posible derrame sobre componentes eléctricos, dificultad de acceso para

	mantenimiento, y obstaculización de rutas de evacuación. Se recomienda demarcar zonas específicas para almacenamiento de químicos (con cubeto de contención), zona de equipos electromecánicos (con acceso restringido) y zona de herramientas (con tablero ordenado).

Fotografía 15. Vista superior de tanque circular durante precipitación

Fotografía 15	
Hora de captura: 15:52 **|** **Coordenadas:** 5.998980°N, 73.674923°W	
	Vista superior de un tanque circular en concreto durante un evento de precipitación, evidenciado por las ondas concéntricas (gotas) en la superficie del agua. El agua presenta coloración marrón clara uniforme con presencia de espumación leve, lo que es compatible con agitación reciente o con la presencia de tensoactivos remanentes de procesos previos. En la parte superior izquierda se observa una tubería de PVC con codo de 90 grados que descarga sobre la superficie del tanque desde la cota superior. Esta configuración de ingreso no corresponde a un diseño hidráulico optimizado, ya que la descarga libre desde la cota superior genera turbulencia, arrastre de aire y posibles cortocircuitos hidráulicos hacia la salida, condiciones que reducen el tiempo efectivo de retención y la eficiencia del proceso. En la parte inferior derecha se aprecia una tubería con codo en hierro fundido que conecta al sistema, sin un dispositivo difusor visible. La barandilla perimetral combina pintura amarilla y negra de seguridad. La ausencia de cubierta expone el tanque al ingreso de agua lluvia, factor que altera el balance hidráulico, diluye los químicos dosificados y modifica las condiciones de proceso en eventos de lluvia.

4. Diagnóstico Integral por Áreas Funcionales

La integración de los hallazgos visuales permite caracterizar el estado general de la planta agrupando los problemas por áreas funcionales. El diagnóstico que sigue es de carácter cualitativo y se sustenta exclusivamente en lo observable durante la inspección.

4.1 Pretratamiento y medición de caudal

El área de pretratamiento presenta la deficiencia más severa identificada en toda la planta: la ausencia de una rejilla de cribado funcional aguas arriba de la cámara de aforo. El cribado es la primera operación unitaria de cualquier sistema de tratamiento y su función es retener materiales gruesos para proteger los equipos y procesos posteriores (Tchobanoglous, Burton y Stensel, 2003). La acumulación de plásticos,

materia vegetal y colillas observada en las fotografías 4 y 5 evidencia que el agua afluente llega a la planta sin cribado previo y que el material grueso queda atrapado en la cámara de aquietamiento, donde altera la lámina de agua y compromete la precisión de cualquier medición de caudal. Adicionalmente, las condiciones de remanso permiten la sedimentación de materia orgánica con descomposición anaerobia localizada y generación de olores.

4.2 Tratamiento biológico y aireación

Los sopladores tipo Roots observados (fotografías 2 y 14) son los elementos centrales del suministro de aire para el proceso biológico. El proceso de lodos activados, ampliamente utilizado para tratamiento aerobio de aguas residuales, depende críticamente de un suministro estable de oxígeno disuelto para sostener la actividad microbiana responsable de la degradación de la materia orgánica (Achal, 2025). Las correas, motores y filtros de aire requieren un programa estricto de mantenimiento preventivo cuya ejecución no fue posible verificar por inspección visual.

Las condiciones del entorno operativo (almacenamiento de herramientas sobre la plataforma de equipos rotativos, vegetación cercana, intemperie parcial) elevan el riesgo de fallos prematuros. La eficiencia del proceso biológico también depende de la relación alimento–microorganismo, parámetro que solo puede determinarse mediante caracterización analítica del afluente y del licor mixto.

4.3 Sedimentación

El tanque rectangular documentado en la fotografía 7 cumple aparentemente funciones de floculación o sedimentación primaria, con una distribución de flujo a través de bajantes verticales. El tanque circular de la fotografía 15 actúa como sedimentador o reactor en una etapa diferente del tren de tratamiento. Ambas unidades carecen de cubierta, lo que implica:

- Dilución por ingreso de agua lluvia, especialmente crítica en una región como la provincia de Vélez donde la pluviosidad es notable durante gran parte del año.
- Ingreso de partículas atmosféricas y vectores.
- Alteración del balance de masa y de las dosificaciones químicas en eventos de precipitación.
- Crecimiento de algas favorecido por la radiación solar directa, lo que consume el coagulante residual y reduce la eficiencia del proceso.

4.4 Conducciones, válvulas y accesorios

La red de tuberías presenta varios puntos de atención. La unión tipo Dresser de la fotografía 9 muestra oxidación en sus pernos, y el acompañamiento improvisado con alambre fino sugiere intervenciones informales. La caja de inspección de la fotografía 8 evidencia humedad permanente por probable fuga menor de la válvula. La condición más crítica corresponde a la fotografía 12, donde la unión entre la válvula tipo mariposa y el codo de la línea ha sido reparada mediante envoltura de cinta adhesiva y plástico, intervención que no garantiza estanqueidad ni seguridad estructural y debe ser reemplazada por una reparación conforme a especificaciones del fabricante.

4.5 Gestión de lodos

Los lechos de secado documentados en la fotografía 10 presenta una conformidad principal, es el uso del área como bodega improvisada de costales, herramientas y productos químicos, práctica que contamina cruzadamente los lodos en proceso de deshidratación y dificulta la operación.

4.6 Vertimiento final

El punto de descarga documentado en la fotografía 11 presenta crecimiento de algas filamentosas y musgo en el canal receptor, lo que sugiere cualitativamente la presencia residual de nutrientes en el efluente. No es posible afirmar el cumplimiento o incumplimiento de los límites máximos permisibles de la Resolución 0631 de 2015 sin caracterización analítica del vertimiento. Sin embargo, la observación visual del canal receptor y la magnitud del crecimiento biológico sugieren la conveniencia de programar dicha caracterización con prioridad.

5. Matriz de Hallazgos Críticos

La siguiente matriz consolida los hallazgos prioritarios identificados durante la inspección visual, su nivel de criticidad estimado y la referencia normativa o técnica aplicable.

Hallazgo	Riesgo principal	Criticidad	Referencia
Ausencia de rejilla de cribado en la cámara de aforo	Obstrucción del flujo, descomposición anaerobia, alteración de medición de caudal y daño a equipos aguas abajo	**Alta**	Resolución 330 de 2017 (RAS), Título E
Reparación improvisada con cinta adhesiva en válvula tipo mariposa	Pérdida de estanqueidad, posible falla súbita bajo presión, fuga de agua tratada o cruda	**Alta**	RAS Título E; buenas prácticas de ingeniería
Tanques de proceso sin cubierta	Dilución por agua lluvia, alteración del balance de masa, ingreso de contaminantes, crecimiento de algas	**Alta**	Resolución 330 de 2017 (RAS), Título C
Vertimiento sin caracterización analítica documentada	Posible incumplimiento de límites máximos permisibles, sanción ambiental, daño al cuerpo receptor	**Alta**	Resolución 0631 de 2015 del MADS
Cajas de inspección sin tapa de cierre	Riesgo de caída de personal, ingreso de contaminantes, accidente laboral	**Media**	Ley 1562 de 2012; RAS Título E
Humedad permanente y musgo bajo válvula de tubería principal	Fuga menor no atendida, deterioro acelerado de obra civil, pérdida de agua	**Media**	Buenas prácticas de operación y mantenimiento
Almacenamiento de herramientas y químicos sobre lechos de secado	Contaminación cruzada del lodo, obstaculización de operación, riesgo de derrame	**Media**	Buenas prácticas de operación; RAS Título E

Hallazgo	Riesgo principal	Criticidad	Referencia
Cables y disposición eléctrica del tablero JFC requieren verificación	Riesgo eléctrico potencial; el cumplimiento del RETIE no es determinable por inspección visual	**Media**	RETIE — Resolución 90708 de 2013
Oxidación en pernos de unión Dresser y barandillas perimetrales	Compromiso de la integridad mecánica a mediano plazo, riesgo en maniobras de mantenimiento	**Media**	Buenas prácticas de mantenimiento
Vegetación no controlada en perímetro y junto a estructuras	Proliferación de vectores, ocultamiento de fallas estructurales, reducción de visibilidad operativa	**Baja**	Buenas prácticas de operación
Erosión incipiente en zona aledaña al punto de vertimiento	Socavación progresiva, desestabilización del talud, arrastre de sedimentos al cuerpo receptor	**Baja**	Buenas prácticas de manejo ambiental

6. Recomendaciones Técnicas

Las recomendaciones se presentan ordenadas por horizonte de implementación. Cada una se vincula a uno o varios hallazgos de la matriz anterior y se sustenta en literatura técnica y normatividad colombiana.

6.1 Acciones inmediatas

- **Retiro manual completo de los residuos sólidos acumulados en la cámara de aforo** y disposición conforme al manejo de residuos sólidos del prestador. Esta es la intervención de menor costo y mayor impacto inmediato.
- **Reparación definitiva de la válvula con intervención improvisada** documentada en la fotografía 12, mediante reemplazo del empaque o de la unión completa según evaluación técnica. Debe documentarse en bitácora de mantenimiento.
- **Instalación de tapas removibles** en todas las cajas de inspección que actualmente carecen de ellas, para reducir el riesgo de caída de personal y el ingreso de contaminantes.
- **Reubicación de todos los costales, productos químicos y herramientas** almacenados sobre los lechos de secado, hacia una zona específica con cubeto de contención y señalización adecuada.

6.2 Acciones de corto plazo

- **Instalación de rejilla de cribado** aguas arriba de la cámara de aforo, con barrotes paralelos separados entre 15 y 25 mm para retención de sólidos gruesos. La selección del tipo (manual o mecánica) debe basarse en el caudal de diseño y la disponibilidad de personal operativo, conforme a los criterios del Reglamento Técnico del Sector.
- **Campaña inicial de caracterización fisicoquímica y microbiológica del vertimiento** conforme a la Resolución 0631 de 2015, incluyendo como mínimo: pH, temperatura, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno a cinco días, sólidos suspendidos totales, grasas y

aceites, nitrógeno total, fósforo total y coliformes. Los resultados permitirán determinar el cumplimiento de los límites máximos permisibles y orientarán las intervenciones de mediano plazo.

- **Verificación instrumental del cumplimiento del RETIE** en el tablero de control y en toda la instalación eléctrica, ejecutada por profesional con matrícula vigente. La inspección visual no permite determinar el cumplimiento de este reglamento.

6.3 Acciones de mediano plazo

- **Implementación de un programa de mantenimiento preventivo** para sopladores tipo Roots y motores eléctricos, con frecuencias específicas de lubricación, verificación de tensión de correas y reemplazo de filtros de aire, conforme a las especificaciones del fabricante.
- **Tratamiento de la superficie aledaña al punto de vertimiento** mediante recubrimiento, gaviones o vegetación estabilizadora para frenar la erosión incipiente identificada.
- **Programa de mantenimiento de áreas perimetrales** con frecuencia mensual durante la temporada húmeda para control de vegetación, eliminación de criaderos de vectores y mejora de la visibilidad operativa.

6.4 Acciones estratégicas

- **Evaluación integral de capacidad de la planta**, proyectada con base en el crecimiento poblacional de la población estudiantil, administrativa y en las cargas reales esperadas. Esta evaluación debe basarse en mediciones de caudal y caracterización del agua residual durante un período representativo.
- **Estudio de alternativas tecnológicas** que considere, entre otras opciones, la incorporación de etapas anaerobias tipo manto de lodo ascendente (UASB) para reducción de costos operativos y aprovechamiento energético, o procesos modernos como biorreactores de membrana para zonas con espacio restringido (Berni et al., 2014; Ribera-Pi et al., 2020). El proceso de lodos activados con sus variantes sigue siendo la opción más ampliamente utilizada para tratamiento secundario aerobio (Achal, 2025).
- **Inclusión de tratamiento terciario** con remoción biológica o química de nutrientes y desinfección final, en función de los usos del cuerpo receptor y de la posibilidad de reúso del efluente conforme a la Resolución 1256 de 2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

7. Conclusiones

7.1 Sobre el estado general de la infraestructura

La inspección visual realizada el 12 de mayo de 2026 a la planta de tratamiento de Vélez, Santander, evidencia un sistema operativo con deficiencias estructurales y operativas significativas que comprometen su capacidad para entregar un efluente con calidad consistente. Los hallazgos no son fallas aisladas; configuran un patrón de mantenimiento reactivo y de prácticas operativas informales que, de no corregirse, llevarán a un deterioro acelerado de la infraestructura y a la pérdida progresiva de eficiencia del tratamiento.

7.2 Sobre los riesgos prioritarios identificados

Los hallazgos de mayor criticidad corresponden a tres situaciones claramente identificadas. Primero, la ausencia de cribado en cabecera del tren de tratamiento, lo que permite el ingreso de sólidos gruesos y

compromete tanto la medición de caudal como la integridad de los procesos posteriores. Segundo, la reparación improvisada con cinta adhesiva en una válvula a presión, intervención que constituye una falla técnica que puede derivar en un evento súbito de fuga. Tercero, la exposición de tanques de proceso a la intemperie, condición que altera el balance hidráulico y reduce la eficiencia del tratamiento durante eventos de lluvia.

7.3 Sobre el cumplimiento normativo

La verificación del cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 sobre límites máximos permisibles de vertimientos puntuales no es posible mediante inspección visual y queda como una acción pendiente de carácter prioritario. La caracterización analítica del vertimiento es indispensable para determinar el cumplimiento legal y orientar las inversiones futuras. De igual manera, la verificación del cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas requiere intervención de profesional especializado con instrumentación adecuada.

7.4 Sobre el modelo operativo

Más allá de las deficiencias específicas, el conjunto de los hallazgos sugiere una debilidad en la cultura operativa. La presencia recurrente de intervenciones improvisadas (cinta adhesiva en válvula, cuerdas como soporte, almacenamiento sobre eras de secado, ausencia de tapas en cajas de inspección) revela que la planta opera sin un sistema de gestión estructurado de mantenimiento, sin documentación clara de bitácoras y sin protocolos de seguridad industrial actualizados. La superación de esta condición exige no solo intervenciones físicas sino también el fortalecimiento de capacidades del **personal operativo**, la formalización de procedimientos y la asignación de presupuesto para mantenimiento preventivo, no únicamente correctivo.

7.5 Sobre la importancia del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es la línea de defensa más efectiva y económica en una planta de tratamiento. La omisión sistemática del mantenimiento conduce a la proliferación de vectores, a la degradación acelerada de equipos electromecánicos y obras civiles, y a episodios de incumplimiento normativo con potenciales sanciones. La diferencia económica entre una política de mantenimiento preventivo bien ejecutada y una secuencia de intervenciones correctivas de emergencia puede alcanzar un orden de magnitud durante la vida útil del sistema. El operador de la planta es el responsable directo de mitigar los riesgos sanitarios y ambientales derivados de la operación de la infraestructura.

7.6 Sobre la capacidad y la proyección a futuro

Las observaciones visuales no permiten determinar con certeza si la capacidad actual de la planta es suficiente para la demanda real ni para escenarios futuros de crecimiento poblacional. Sin embargo, los signos de turbulencia en los tanques, la presencia de espumación y los crecimientos biológicos en el canal receptor sugieren cualitativamente que el sistema opera en condiciones cercanas a su límite o por encima de él en ciertos momentos. La planificación de una eventual ampliación o reposición debe partir de una caracterización rigurosa de las cargas reales (hidráulicas y orgánicas) durante un período representativo, así como de proyecciones demográficas formales. Tecnologías como los reactores secuenciales por tandas o los biorreactores de membrana pueden ser pertinentes para escenarios de espacio restringido y carga variable, pero su selección requiere un estudio comparativo de alternativas que considere costos de inversión, costos operativos, requerimientos energéticos y capacidad local de operación y mantenimiento.

7.7 Sobre el alcance del presente concepto

Las conclusiones formuladas se sustentan en lo observable a simple vista durante el recorrido del 12 de mayo de 2026 y en el contraste con la normatividad y la literatura técnica aplicables. Para emitir un concepto integral sobre el desempeño y el cumplimiento normativo de la planta, este documento debe complementarse con una campaña de muestreo y análisis fisicoquímico y microbiológico de afluente y efluente, conforme a los procedimientos establecidos en la Resolución 0631 de 2015 y demás normativa colombiana aplicable.

8. Referencias

Achal, V. (2025). Wastewater treatment — Activated sludge process. En Notes on biological processes in environmental engineering. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-95-1610-0_8

Berni, M. D., Ribeiro, R., Dragoni, R. S., Vaz, J. M., y José, H. J. (2014). Anaerobic digestion and biogas production: Combine effluent treatment with energy generation in UASB reactor as biorefinery annex. International Journal of Chemical Engineering. https://doi.org/10.1155/2014/543529

Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1333 de 2009. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Resolución 1256 de 2021. Por la cual se reglamenta el uso de aguas residuales tratadas. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Resolución 90708 de 2013. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico — RAS. Diario Oficial de la República de Colombia.

Plattes, M., Hauduc, H., y Rieger, L. (2023). Perspectives on the Monod model in biological wastewater treatment. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. https://doi.org/10.1002/jctb.7291

Ribera-Pi, J., Campitelli, A., Badia-Fabregat, M., Jubany, I., Martínez-Lladó, X., McAdam, E., Jefferson, B., y Soares, A. (2020). Hydrolysis and methanogenesis in UASB-AnMBR treating municipal wastewater under psychrophilic conditions. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8, 567695. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.567695

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., y Stensel, H. D. (2003). Wastewater engineering: Treatment and reuse (4ª ed.). McGraw-Hill.

Yáñez-Hernández, O., Ríos-Lira, A. J., Pantoja-Pacheco, Y. V., Ruelas-Santoyo, E. A., Asato-España, M. L., y Valdovinos-García, E. M. (2024). Characterization of wastewater in an activated sludge treatment plant of the food sector. Water, 16(18), 2647. https://doi.org/10.3390/w16182647

Concepto técnico elaborado en el municipio de Vélez, Santander, Colombia, a partir de la inspección visual del 12 de mayo de 2026.