

## ANEXO TÉCNICO

### DISEÑO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

Este Anexo Técnico tiene como objetivo definir las actividades mínimas que deben ser incluidas en el Diseño de la PTAR (s). Estas actividades deben ser desarrolladas por la consultoría en cumplimiento del alcance del contrato o convenio al menos con el alcance técnico incluido en este Anexo, exceptuando aquellas que la interventoría y la supervisión de la EPC modifiquen en forma explícita y específica, dejando constancia escrita de las razones que justifican estos cambios. Las actividades que a juicio del consultor considere realizar para complementar los resultados de la consultoría o que considere necesario para mejorar algún aspecto técnico del desarrollo de alguna actividad, deben ser informadas y aprobadas por la interventoría y supervisión, en especial cuando puedan generar modificaciones a los costos de la consultoría.

Como alcance general (considerando el objeto y los alcances específicos contractuales), los diseños de la PTAR (s) serán realizados a nivel de detalle requerido para pasar a la etapa de construcción (diseños definitivos de todos los procesos de la planta, las obras de empalme entre el alcantarillado y la planta y sus obras de vertimiento). Además, el diseño debe contemplar los sistemas de control, sistemas eléctricos, proceso óptimo de operación de la planta, los manuales operativos y los programas de puesta en marcha y todos sus costos, los cuales deben ser reflejados en el presupuesto para el contrato de construcción. Si el alcance contractual lo requiere, se incluiría el proceso de acompañamiento en el campo institucional o técnico, etc.

El Consultor deberá iniciar la ejecución de los trabajos teniendo en cuenta los pasos definidos en el artículo 10 de la Resolución 1096 de 2000 - Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) y/o de acuerdo a la normatividad vigente durante la ejecución del contrato consultoría, acoger los criterios básicos y requisitos mínimos definidos en éste y las resoluciones nuevas en materia de agua potable y saneamiento que emita el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y sus plantas, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia y sostenibilidad dentro de un nivel de complejidad determinado.

EL CONSULTOR deberá utilizar los siguientes criterios y recomendaciones, para la ejecución de la formulación y ejecución de los Diseños de la PTAR:

- Estar enmarcados dentro de los lineamientos del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS – 2000) o las normas que lo modifiquen o sustituyan y las disposiciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio MVCT, Viceministerio de Agua y Saneamiento, Dirección de Inversiones Estratégicas – DIE, y/o vigentes a la fecha de ejecución del Plan Maestro.

- Cumplir con las Normas técnicas del ICONTEC.
- Todos los trabajos deberán ser georeferenciados con proyecciones Magna-Sirgas o lo dispuesto por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Aplicar criterios de diseño óptimo, de costo mínimo (si es aplicable) o de menor costo, considerando conjuntamente la inversión, la operación y mantenimiento de la infraestructura y criterios de costo-efectividad.
- Aplicar criterios de “buena” ingeniería, en el sentido que aún en cumplimiento de los términos de referencia, la normatividad aplicable, e inclusive los criterios de diseño óptimo mencionado en el numeral anterior, el consultor deba considerar aspectos técnicos que mejoren o subsanen situaciones que pueden impactar la funcionalidad del proyecto. En estos casos, estos deben ser puestos oportunamente en conocimiento de la interventoría y supervisión del proyecto para su análisis y toma de la correspondiente de decisión.

Los trabajos deberán presentarse con los siguientes estándares o formatos:

- Sistema Internacional de Unidades SIU
- Planos en formato compatible con Autocad (\*.dwg, \*.dxf)
- Información digital en formato office y pdf
- Si se incluye la revisión de caudales de diseño, entonces, las modelaciones del sistema de alcantarillado deben ser compatibles con el software desarrollado por la EPA (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos) EPA-SWMM (se puede obtener una versión libre directamente de las páginas de la EPA®) y el modelo HEC-RAS del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos (también se puede obtener una versión libre directamente de las páginas de la US Army Corps of Engineers®).
- Nota: la utilización de los modelos anteriormente mencionados no sustituyen ni reemplazan los cálculos de detalle independientes, que deben ser abordados por las consultorías para los diseños contratados.

Los diseños de la PTAR se desarrollarán siguiendo los siguientes componentes:

- **PRODUCTO N° 1**

## **1. ACTIVIDADES PRELIMINARES Y DIAGNÓSTICO**

El consultor tendrá en cuenta la información existente que haya definido conceptualmente la PTAR, materia del objeto de este contrato. Para ello, investigará los estudios existentes en la Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP., Municipio y/o Departamento, o Corporaciones Autónomas de la respectiva jurisdicción.

### **1.1 Información general del proyecto**

- Con base en las investigaciones del Consultor, y con la ampliación de la información básica mediante investigaciones de campo, hará una breve descripción de los

aspectos más importantes que caracterizan las áreas de estudio del proyecto desde los siguientes puntos de vista, entre otros: Aspectos físicos, historia, localización geográfica, límites, vías de comunicación, hidrología, hidrogeología, climatología, meteorología, tipos de suelos, topografía, cartografía, sedimentos, geología, geotecnia, acceso a la localidad y materiales de construcción, pavimentos, servicios públicos, disposición urbanística, sismología y zonas de potencial riesgo. Características socioeconómicas - Población actual, estratificación, índice de NBI (Necesidades básicas insatisfechas), población en miseria, usos del suelo, condiciones sociales, salud pública, aspectos educativos, organizaciones cívicas, nivel de ingresos, tarifas de los servicios públicos, disponibilidad de recursos humanos y materiales en la región.

- Resumen de los Planes Maestros de Alcantarillado existentes, en especial los aspectos relevantes para el Diseño de la Planta, como por ejemplo, los caudales de aguas residuales o combinados, según sea el caso, impactos de las aguas lluvias o combinadas sobre el Diseño de la planta, tanto en volumen como en calidad. Requerimientos y plan de cumplimiento de los PSMV y PGIRS existentes, y su relación con la PTAR.
- Plano de localización de la PTAR en relación a los sistemas de redes existentes y el río o quebrada receptora.

## **1.2. Diagnóstico del Estado Actual de la Planta (si es que existe)**

EL CONSULTOR con base en la información secundaria recopilada y las vistas a campo realizadas realizará un análisis de diagnóstico del estado de la planta existente (si es que la hay).

Si el municipio cuenta con sistema de tratamiento de aguas residuales se deberá proceder a su evaluación a detalle. Si como consecuencia de la evaluación se concluye que es necesario una optimización y/o ampliación se deberá aplicar los contenidos de este producto. Para cualquier caso, los estudios a nivel de diagnóstico al menos deben incluir:

- Componente Geomorfológico, Geológico y/o Geotécnico:

A partir de la información secundaria es necesario establecer de manera general las características geológicas y geotécnicas del lote donde se ubicará la PTAR. Adicionalmente se analizará las condiciones geológicas de la zona del proyecto, en especial a lo relativo a posibles movimientos regionales de remoción en masa, vulnerabilidad sísmica, avalanchas, inundaciones, etc. Lo anterior implica la revisión de la información sobre formaciones geológicas, geomorfológicas y fisiográficas de la región, del paisaje y topografía asociada con la localidad, con el fin de identificar las fallas geológicas activas que se localicen en el área urbana y circundante del municipio objeto de estudio y el grado de sismicidad a que puede estar sometido, así como los riesgos de avalanchas o inundaciones generadas por crecientes de quebradas o ríos del sector.

El CONSULTOR deberá recopilar la información existente referente a la geología, especialmente de estudios y proyectos realizados para el municipio, perforaciones realizadas para otros estudios, estudios geológicos, geotécnicos y de suelos que se hayan adelantado en el área de estudio. De igual forma se revisará los estudios y toda información que aporte a las condiciones hidrológicas de la cuenca y la zona de proyecto. El análisis debe incluir escenarios de cambio climático, en especial a lo referente a los caudales generadores de crecientes.

En aquellos sitios donde se detecte, o exista evidencia de problemas por remoción en masa, falla de taludes por crecientes o avalanchas, etc., que de una forma u otra puedan afectar los sistemas de redes y la PTAR deben ser puestos oportunamente de manifiesto dentro de la etapa de diagnóstico, para que la interventoría, la supervisión, e inclusive las autoridades departamentales o municipales o nacionales, o quienes tengan competencia en la atención de estos eventos de riesgo, tomen las decisiones que correspondan y puedan afectar el desarrollo del contrato.

- Componentes Estructurales:

Es importante definir las condiciones estructurales de la planta existente, con el fin de diagnosticar los aspectos relativos a la posible utilización de esta infraestructura, total o parcialmente. De común acuerdo con el interventor del contrato, el consultor debe analizar la necesidad de realizar detallados análisis de patología estructural.

- Componente Hidráulico y de Tratabilidad:

Basado en los estudios de Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado, y de la información investigada en la etapa preliminar, debe realizarse el diagnóstico hidráulico, procesos de tratamiento, calidad del agua a tratar, calidad de los vertimientos e impactos en la fuente receptora, y en general, todos los aspectos relativos a la operación de la planta. El consultor independientemente de los resultados del Plan Maestro de Alcantarillado (y de Acueducto de ser necesario), debe realizar una revisión de los caudales de diseño previstos en estos estudios. Entre otros análisis, revisar el ajuste de los caudales teóricos versus los reales en materia de aguas residuales generadas por el consumo doméstico, comercial e industrial (de ser ese el caso), la presencia de caudales combinados, ya sea por presencia de caudales de aguas lluvias por efecto de caudales errados del sistema pluvial o porque se definió desde el principio el manejo del sistema como combinado. Importante analizar la calidad real de las aguas que entrarán a la planta, que puede ser muy diferente a las consideraciones comunes de clasificar las aguas a tratar como aguas con características de residuales de origen doméstico. Calidad de las aguas en los alivios previstos a la fuente receptora y sus impactos sobre esta fuente aguas debajo de los vertimientos y el cumplimiento de los PSMV.

- **Componente Ambiental y Social:**

Se debe analizar los impactos ambientales tanto de la planta existente como aquellos impactos que pueden ser generados por la nueva planta. Olores y gases productos de los procesos, producción y manejo de lodos, vertimientos, y en general todo aspecto que deba ser analizado para incluir su estudio con la nueva infraestructura. Barreras, transporte, movimiento de materiales de construcción, seguridad industrial, lixiviados, su análisis debe ser incluidos en el diagnóstico en esta etapa del estudio.

Aspectos sociales, como aceptación del sitio escogido, dudas sobre los procesos de tratamiento, elementos de capacitación, cultura del uso del alcantarillado y su relación a la operación de la planta, participación de la mano de obra local, posibles impactos tarifarios, y otros que deben ser adecuadamente tratados en el futuro en la etapa de construcción y operación.

- **Tecnología:**

Se debe incluir un análisis de las tecnologías existentes y su aplicabilidad óptima en el proyecto materia de este contrato. Se debe incluir los aspectos no solo constructivos sino también operativos en las condiciones propias de estos municipios. Este análisis no debe ser solo técnico sino también económico.

Nota: Las tecnología estudiadas y factibles de usar deben ser reconocidas técnicamente, probadas mundialmente y no cerradas en lo que se refiere a su construcción y operación, utilización de insumos, es decir no deben ser tipo “caja negra”.

- **Análisis Predial:**

El diagnóstico debe incluir los estudios prediales requeridos para definir el lote donde se diseñará la planta.

Los componentes anteriormente mencionados y sus análisis deben ser compilados en un informe de diagnóstico que permita conocer las condiciones bajo las cuales se harán los diseños y como podrán impactar el futuro de la planta en operación.

## **2. ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS:**

EL CONSULTOR, a partir de los estudios previos realizados, deberá determinar el sistema centralizado de tratamiento de aguas residuales si llegase a ser factible, y deberá utilizar todos los criterios de diseño, parámetros y metodologías establecidas y exigidas en el títulos A y E, del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.), se deben tener en cuenta el PSMV, los objetivos de calidad de la fuente receptora y la normatividad vigente (Dec.3100 de 2003, 3440 de 2004, Res. 1433 de 2004, 2145 de 2005 y Dec. 1594 de 1984, Dec 3930 de 2010, entre otros.).



El sistema de tratamiento de aguas residuales, deberá justificarse plenamente, en cuanto a la adopción de tecnologías y/o de las unidades propuestas incluyendo la variabilidad del tratamiento y de calidad de las aguas en diferentes épocas climáticas del año y señalar los requerimientos mínimos para su funcionamiento, elementos e insumos de laboratorio, recursos humanos y elementos para su adecuada operación

Por lo anterior, el CONSULTOR debe incluir los siguientes análisis:

- Metodología implementada para la evaluación de alternativas en la cual se definan claramente los diferentes ítems de evaluación objetivos y subjetivos, su interacción y su rango calificadorio dentro de la evaluación. Prediseño de alternativas en el cual se deben incluir las memorias de cálculo y esquemas generales de cada una de ellas.
- Presupuestos generales de las alternativas los cuales deben incluir los costos para la construcción de las obras y de la operación y mantenimiento de la PTAR durante su vida útil.
- Cobertura del sistema de alcantarillado
- Proyección de expansión de cobertura para el período de diseño de la planta
- Porcentajes de infiltración y afluentes
- Aporte industrial de caudales y cargas incluyendo el matadero, salvo que tenga su propio sistema de tratamiento autorizado
- Ubicación y cuantificación de aliviaderos
- Análisis del Plan de Ordenamiento Territorial en los aspectos relacionados con el proyecto
- Identificación de vertimientos, incluye ubicación, caudal, calidad ente otros
- El diseñador debe tener pleno conocimiento de la variabilidad de las condiciones del afluente, puesto que las unidades de proceso deben tener suficiente capacidad para absorber y amortiguar estas variaciones de manera satisfactoria
- Evaluación de las alternativas a nivel técnico, social, ambiental y económico en el cual se deben incluir las diferentes matrices de evaluación utilizadas.
- Selección de la alternativa más conveniente indicando de manera jerárquica el orden de elegibilidad de todas las alternativas.
- La planta de tratamiento debe garantizar eficiencias por cada uno de los parámetros exigidos por la autoridad ambiental y/o demandadas por objetivos de calidad, así como por las normas vigentes. El diseño debe considerar lo dispuesto en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y saneamiento Básico-RAS y Decreto 1594 de 1984 Dec 3930 de 2010 o el que lo modifique o sustituya, y lo establecido en el PSMV.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico, se establecerán las necesidades de tratamiento en el tiempo, considerando los escenarios de crecimiento poblacional y justificando el escenario seleccionado. La alternativa escogida se llevará a nivel de diseño de detalle para construcción, independientemente de la fecha planeada de construcción.

- En el aspecto ambiental se considerarán las consecuencias y efectos que en el futuro producirán en el evento de no adelantarse el proyecto. Esto debe incluir un análisis prospectivo de la situación diagnosticada como, amenazas y fortalezas en relación con la necesidad de garantizar el crecimiento y desarrollo social económico sostenible.
- EL CONSULTOR deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones, de tal manera que se asegure la integración entre la planta de tratamiento y el sistema de recolección de aguas servidas:
- Se debe especificar el manejo integral de los subproductos generados por el tratamiento. y analizar los requerimientos de aliviaderos antes de la PTAR, para aquellos puntos de interceptación de las descargas, de acuerdo con los diámetros de los colectores y los caudales de aguas lluvias.
- Debe proveerse a la planta de un “by pass” para los mantenimientos o eventos de fuerza mayor que requieran cerrar el paso de agua hacia la planta. Igualmente, la proyección de aliviaderos para garantizar que no ingresen a la PTAR las aguas de excesos en épocas de lluvias y sean conducidas en forma independiente hacia la fuente receptora.
- El diseño debe contener todos los análisis de modularización y redundancia, que minimicen al máximo la ocurrencia de contingencias.
- Se deben contemplar un análisis de costo operación y mantenimiento a inmediato, corto, mediano, y largo plazo en función del consumo de energía eléctrica, costos de reposición de equipos, puntos de control entre otros.
- Se deben definir los impactos sobre la calidad del agua y sobre el sistema de tratamiento causados por corte de energía, vertimientos industriales, vertimientos tóxicos, taponamientos de tubería entre otras y las respectivas labores de mitigación.
- Se debe tener en cuenta la capacidad de la fuente receptora y las condiciones hidrológicas, para recibir el efluente de la planta.
- Los sistemas convencionales deben ser comparados con soluciones de tratamiento apropiadas si las condiciones de las veredas o centros poblados así lo requieren.

## **2.1. Planteamiento de Alternativas**

Con todos los estudios y diagnósticos previos, el consultor establecerá y evaluará alternativas de solución al problema planteado, que le permitirá seleccionar y recomendar a Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP la solución más conveniente, fundamentada en un análisis de costo mínimo, en la medida que esta metodología de análisis técnico-económico sea aplicable. Con base en los análisis y conclusiones anteriores, la consultaría identificará los requerimientos de acciones u obras, con un enfoque integral desde los puntos de vista técnico, operativo, económico, ambiental, institucional, social y financiero, para la optimización, rehabilitación, sustitución, construcción, mejoras, ampliaciones restituciones o nuevas instalaciones para la PTAR. Para cada alternativa presentada se deberán incluir los costos de inversión y las oportunidades en que deben efectuarse, así como los costos de operación, mantenimiento.

## **2.2. *Análisis de las alternativas de solución planteadas y selección de la alternativa que se llevará a diseño de detalle para construcción.***

La selección de la alternativa se hará teniendo en cuenta aquella que, solucionando el problema planteado en el horizonte de diseño desde un punto de vista integral, es decir, considerando aspectos técnicos, operativos, económicos, ambiental, institucional, social y financiero, corresponda a la de menor costo con el criterio del menor valor presente de todos los costos de inversión y operación considerados

La selección de una alternativa como solución a la prestación adecuada del servicio de alcantarillado debe contar con la aprobación por parte de la interventoría en primera instancia, la EPC y las autoridades Municipales a través del visto bueno del Alcalde Municipal. De igual forma debe celebrarse previamente una “socialización del proyecto” con la comunidad involucrada y que pueda tener algún interés en el proyecto, especialmente con los dueños de los predios requeridos para el proyecto, comunidad con algún impacto ambiental o físico del proyecto en la etapas de diseño o posterior construcción y/o operación del sistema, y en general cualquier persona o entidad que considere expresarse sobre el proyecto. Estas reuniones pueden ser conjuntas con las del visto bueno por parte del Alcalde Municipal, y tendrán como prueba de su desarrollo y cumplimiento un acta con las firmas representativas, el Alcalde, el consultor y la Interventoría.

Las aprobaciones por parte de la EPC serán realizadas directamente a través de la interventoría del proyecto, y su presentación se realizará en forma independiente de otras presentaciones. Además de los informes de análisis de alternativas, propuestas y selección, se exigirá un informe con la presentación explícita de la alternativa seleccionada, donde queden consignados todos los estudios realizados, comparaciones de alternativas, etc., el desarrollo de las presentaciones a la comunidad y a las autoridades municipales, las actas de aprobación, y un capítulo donde se presenten en detalle los estudios que se realizarán a nivel de Diseño definitivo. También deberá incluir un anexo con registros fotográficos, filmicos, material de apoyo, y cualquier otro tipo de información que permita tener una visión del proyecto. Esta información permitirá el mejor entendimiento del proyecto a diseñar, dejará constancia de los trabajos realizados en su etapa preliminar y de elaboración de alternativas, y servirá de soporte para dejar prueba explícita de las condiciones actuales del sitio del proyecto. El Consultor agregará toda información que considere necesaria para el logro del objetivo de este informe.

- **PRODUCTO N° 2**

## **3. ELABORACIÓN Y/O ACTUALIZACIÓN DE DISEÑOS DE DETALLE**



### **3.1. Elaboración de los diseños técnicos definitivos correspondientes a la solución recomendada por el Consultor y aceptada por Empresas Públicas de Cundinamarca S.A E.S.P y el Municipio.**

Una vez seleccionada la alternativa que represente la solución óptima al problema planteado y después del concepto favorable de la Interventoría, se procederá a la elaboración de los diseños definitivos del sistema de tratamiento de aguas servidas. Los citados diseños deberán estar acompañados de las respectivas memorias de cálculo suscritas por los responsables.

El consultor adelantará otros estudios tales como estructurales, hidráulicos, ambientales, de calidad, impactos sobre fuentes receptoras, eléctricos, geotécnicos y otros que se estimen necesarios para el desarrollo del proyecto.

En caso de ser necesario adelantar algunas obras complementarias, como vías de acceso, líneas de conducción eléctrica, etc., se deberá hacer mención de las mismas, e incluirlas igualmente en el plan de inversiones del proyecto y en el cronograma de ejecución de actividades del mismo.

### **3.2. Estudios topográficos**

#### CONSIDERACIONES GENERALES

- Los levantamientos deben tener como mínimo la información que permita describir los lotes en forma precisa, además de todas las características y detalles que sean relevantes y que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto.
- Se deben levantar los sitios de sondeos y de estudios geotécnicos para localizarlos en los planos.

#### PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Las obras de la PTAR deberán estar geo referenciadas en el Sistema de Coordenadas Geográficas, con geoide Magna Sirgas Colombia Bogotá.

Para la elaboración de planos y con el objeto de diferenciar y comparar los datos, deberá utilizarse el Sistema de Proyección de Coordenadas Planas Magna Sirgas Colombia origen Bogotá cuyos parámetros son:

Datum Geodésico:	Coordenadas Planas Magna Sirgas Bo
Origen Latitud Norte:	04° 35' 46.3215"
Origen Latitud Este:	-74° 04' 39.0285"
Coordenada Norte:	1'000.000 metros
Coordenada Este:	1'000.000 metros

- La presentación de planos en formato análogo (ploteado) deberá realizarse tamaño pliego (0.9 x 0,6 m), a escala por definir por el consultor. En todo caso el interventor verificará que el tamaño de la escala utilizado cumpla con la calidad suficiente para ser utilizado en obra o evaluación.
- Para los levantamientos realizados con GPS, se debe presentar copia de datos crudos en formato RINEX.
- Se deberá presentar copia de cálculos y ajustes de las poligonales
- Se deberá presentar copia de las certificaciones de los puntos de apoyo expedidas por el IGAC, no mayor de dos meses de la fecha del levantamiento.
- Copia de cartera del levantamiento topográfico o copia de los datos crudos de las estaciones, en medio digital
- La presentación en formato digital (ArcGis, CAD, PDF, informes, otros archivos) deberá realizarse en un CD (Disco Compacto), debidamente etiquetado. El formato para la etiqueta deberá ser diligenciado en su totalidad, para la caja y para el CD. El formato será entregado por la interventoría del contrato.
- Se deberá entregar una carpeta que contenga todos los archivos entregados de manera ordenada (archivo unificado).
- EL CONSULTOR realizará los trabajos topográficos requeridos, haciendo los respectivos levantamientos planimétricos y altimétricos amarrados al sistema de coordenadas IGAC Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS en los sitios determinados.
- El levantamiento debe iniciarse a partir de placas georeferenciadas y certificadas por el IGAC en un tiempo no mayor de dos meses. Los levantamientos podrán efectuarse a través de métodos convencionales (Formato Archivo Digital: Teodolito o Estación Total) cuya precisión real mínima sea de 3" (tres segundos) ó Satelital (Formato Rinex: GPS).

### PLACAS DE AMARRE Y REFERENCIAS

Para la ejecución de estas actividades, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- Los puntos de apoyo para los amarres de trabajos planimétricos y altimétricos deberán estar certificados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi con un periodo inferior a dos (2) meses.
- Se tendrá que verificar que los vértices a los cuales se van a amarrar los trabajos topográficos no se encuentren destruidos, deteriorados, o que den algún indicio de haber perdido su posición original.
- Para los levantamientos planimétricos el traslado de las coordenadas de los apoyos deberá realizarse mediante comprobación a dos diferentes apoyos o vértices y con cierre.
- Para los levantamientos altimétricos estos se deben realizar haciendo nivelación y contranivelación para poder determinar el error de cierre.

- Para la comprobación de cota de los NP's o puntos con cota determinada geoméricamente, se debe calcular la diferencia de altura entre dos de estos puntos.
- Se dejarán como mínimo dos (2) mojones de concreto debidamente referenciados para su rápida localización (al menos un mojón deberá ubicarse en puntos de referencia de fácil ubicación y acceso y bajo custodia como escuelas, iglesias y/o salones comunales) penetrarán por lo menos ochenta centímetros dentro del terreno y en la cara superior tendrá incrustada una placa metálica de cobre o bronce y dándole coordenadas y cota real tomando como referencia la información del IGAC e identificación correspondiente y el nombre de la entidad contratante, orientándolos al norte magnético que permita la localización posterior de las estructuras. Dichos mojones deberán incluirse en un plano de localización.
- El CONSULTOR será responsable que los Puntos de Referencia (P.R.) permanezcan en buen estado y debidamente afianzados durante todo el tiempo que dure el estudio hasta su aprobación final. El número mínimo de P.R. será:
- Para posicionamientos con GPS debe utilizarse el método relativo o diferencial (DGPS) con una solución por el método de post proceso ya que este tipo de posicionamiento minimiza los errores sistemáticos asociados con los relojes del satélite y las efemérides.
- Para hacer un posicionamiento diferencial (DGPS) se necesitan mínimo dos receptores, uno de ellos debe estar en un vértice certificado por el IGAC. La separación mínima entre la base y el rover para equipos de una frecuencia no debe superar los 10 Kilómetros, para equipos de doble frecuencia debe ser inferior a los 100 kilómetros.
- Las observaciones deben hacerse simultáneamente entre el receptor de la base y el rover, los receptores pueden ser de distintas casas fabricantes siempre y cuando utilicen el formato único para archivos RINEX (Receiver Independent Extrache).
- El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos debe calcularse mediante la fórmula:  $\text{Tiempo} = 25 \text{ minutos} + 5 \text{ minutos por kilómetro de separación entre la base y el rover}$ .
- Los puntos calculados deben provenir como mínimo de dos diferentes bases.

### EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA

Los levantamientos planimétricos pueden realizarse mediante el empleo de estaciones totales cuya precisión angular sea menor o igual a 3" (Tres segundos) ó mediante el empleo del sistema GPS. Los levantamientos deben realizarse con las siguientes especificaciones mínimas:

- Los equipos utilizados deben estar en perfecto estado, con certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses; se debe hacer las revisiones regularmente para garantizar el buen funcionamiento de los mismos y en caso de haber algún indicio de que no sea así llevarlo a mantenimiento.

- Los bastones deben tener certificado de calibración con vigencia de seis (6) meses; se debe garantizar que estén centrados y calibradas las alturas de los extensores.
- Los prismas deben estar en buen estado, sin abolladuras y sin fracturas en los cristales.
- Los porta prismas no pueden estar rotos o fracturados, no deben estar amarrados con ningún tipo de cinta adhesiva, cuerdas o alambres, y deben acoplar perfectamente en el bastón y en el prisma.
- Los accesorios como trípodes, bastones, bases nivelantes, baterías, etc. deben estar en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Para los levantamientos altimétricos se deben realizar mediante el uso niveles automáticos, o digitales los cuales deben estar en perfecto estado y sus certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses. Se debe hacer las revisiones regularmente para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y en caso de haber algún indicio de que no sea así, llevarlo a mantenimiento.
- Las miras deben estar ajustadas, los bloqueos mediante botón de presión deben asegurar perfectamente, la división métrica no puede tener rayones, manchas, o algún tipo de deterioro que impida o que genere incertidumbres en las lecturas, y sus certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses.
- Los trípodes deben estar en perfecto estado, las patas no pueden tener ningún tipo de juego cuando se aprietan, las uñas de las patas deben estar completas, no pueden estar partidas o fracturadas. La base del trípode debe estar perfectamente ajustada, su superficie plana y lisa, el tornillo de acople no puede tener golpes o abolladuras y debe estar fijo en la base del trípode.
- EL CONSULTOR deberá realizar un levantamiento topográfico detallado de las áreas donde se proyectará la PTAR

### LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS

El levantamiento debe contemplar como mínimo las siguientes especificaciones:

- Todos los levantamientos deberán realizarse con poligonales cerradas y su ajuste con un error de cierre lineal igual o mayor a 1:25000.
- Las medidas de longitud deben ser tomadas con equipos de medición electrónica. De no contar con este recurso deben ser tomadas directamente con cintas de acero que estén en condiciones óptimas.
- Todas las mediciones angulares de los vértices de la poligonal deben hacerse en posición directa e inversa, para de esta forma eliminar el error de colimación, estas mediciones deben quedar registradas en la memoria de la estación total y anotada en la cartera de campo.
- Si se está alternando una poligonal con la toma de detalles, entonces instalado el equipo en la estación se debe siempre ubicar primero el siguiente delta de la poligonal antes de comenzar la radiación y siempre el primer detalle de la radiación

que se tome desde esa estación debe ser el delta de la poligonal que se acabó de localizar, para de esta forma asegurar la información de la poligonal.

- En la memoria de la estación total deben quedar almacenados todos los datos de los deltas que componen la poligonal (Coordenada Norte, Coordenada Este, Distancias horizontal, inclinada, vertical, ángulos horizontal y vertical, azimuth).
- Todos los deltas de las poligonales deben materializarse con una estaca en zonas verdes y con puntos en zonas duras garantizando que queden perfectamente identificados en terreno, las estacas y/o los puntos deben ser marcados en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, puentes etc. con un color vivo que además debe ser exclusivo para los trabajos de topografía que se están desempeñando. En las zonas verdes se debe hacer una limpieza del terreno de aproximadamente 0.3m alrededor del vértice para su fácil ubicación.
- En lo posible no debe haber cambios bruscos en las distancias de las poligonales, para evitar errores geométricos a la hora del ajuste de la misma.
- Las carteras de campo deben estar diligenciadas con todos los datos relevantes al trabajo que se está desempeñando.

### LEVANTAMIENTOS ALTIMÉTRICOS

Para la ejecución de los trabajos se atenderán como mínimo las siguientes consideraciones:

- Para efectuar levantamientos altimétricos se deberán utilizar niveles automáticos o digitales, de precisión.
- Los levantamientos deben efectuarse a partir de vértices (NPs, o puntos con cota determinada geoméricamente) certificados por el IGAC.
- Todos los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contranivelación y los cierres deben ser inferiores a un (1) milímetro por cambio.
- Las visuales entre cambios no deben superar los cincuenta (50) metros.
- Los porta miras deben estar en perfecto estado, para garantizar la estabilidad y la verticalidad de mira con la ayuda del nivel de burbuja circular, durante el tiempo que sea necesario, en el caso que la nivelación deba arrojar precisiones geodésicas será necesario utilizar una base para la mira.
- Se deben materializar BMs para las actividades de construcción de acueductos y alcantarillados, de tal forma que no se vean afectados por la ejecución de las obras. Los BMs deben ser materializados con un mojón en zonas verdes y con un punto con estoperol en zonas duras.
- Los BMs tanto en zonas verdes como en zonas duras deben ser marcados en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, puentes etc. con un color vivo de tal manera que se puedan identificar en terreno. El color de pintura que se emplee para los trabajos de altimetría debe ser distinto al utilizado en los trabajos planimétricos y distinto a los utilizados en otras actividades que se estén desempeñando.



- Se debe nivelar cada diez (10) metros sobre los ejes del proyecto de acueducto, o alcantarillado, para cada abscisa replanteada planimétricamente. Para efectos de la elaboración de los catastros de acueducto y alcantarillado, en los productos respectivos, se indicará el detalle que debe ser levantado.
- Se debe nivelar las interferencias o cruces entre los tramos proyectados y las redes construidas de servicios públicos.
- Las carteras de campo deben estar diligenciadas con todos los datos relevantes al trabajo que se está desempeñando además de:
  - Nombre del topógrafo.
  - Nombre de los auxiliares.
  - Equipo utilizado.
  - Fecha.
  - Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio).

### GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES O MEMORIAS DE LOS TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA

Los informes de levantamientos topográficos realizados por métodos convencionales y sistemas de posicionamientos global (GPS) deberán contener como mínimo los aspectos relacionados a continuación.

- **Planimetría**
  - Descripción de los trabajos
  - Objetivo del levantamiento.
  - Comisión de topografía con los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
  - Los puntos de amarre utilizados certificados por el IGAC.
  - Cantidad de deltas localizados, nombres utilizados y nomenclatura estipulada.
  - Cantidad de detalles levantados.
  - Metodología utilizada para hacer el levantamiento.
  - Esquema de determinación del levantamiento.
  - Descripción del equipo utilizado anexando el certificado de calibración con vigencia no menor a seis (6) meses.
- **Cálculos y ajustes**
  - Se deben realizar y entregar los cálculos y ajustes del levantamiento correspondiente de acuerdo con los equipos utilizados para la medición.
  - Se deben entregar los archivos nativos de cada estación con los datos del levantamiento, los archivos con los ajustes de la poligonal en los que debe ir:
    - Cálculo y compensación del error de cierre angular.
    - Cálculo de azimuts.
    - Cálculo de las proyecciones.
    - Cálculo del error de cierre lineal.

- Cálculo de coordenadas de los vértices.
- Los cálculos y ajustes de la poligonal deben ser entregados en un archivo de Excel, con copia en un archivo con extensión PDF.

- **Cuadro de coordenadas**

Se deben relacionar las coordenadas del levantamiento de acuerdo con los puntos identificados en el mismo, con su correspondiente codificación o nomenclatura (relacionados con el esquema de determinación en las carteras de campo), así:

Punto: nomenclatura / código	ESTE	NORTE	COTA
PERÍMETRO			
ÁREA m <sup>2</sup>			

- **Certificación de los vértices**

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres.

- **Carteras de campo**

Las carteras de campo deben estar escritas de forma clara y contener todos los datos originales, esquemas e información pertinente, compilados en un libro. Las carteras deben ser llenadas a tinta y no se permite borrar, en caso de error se deben tachar y escribir la medida correcta. No se aceptan carteras pasadas a limpio. Las carteras deben identificarse de la siguiente manera:

- Nombre de la obra o proyecto.
- Para quien se realiza la obra o proyecto.
- Número que identifique la poligonal.
- Vértices utilizados en el amarre.
- Localización.
- Fecha y (hora inicio – hora final).
- Nombre del topógrafo.
- Nombre de los auxiliares.
- Equipo utilizado. (Marca y serial).
- Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio).

Para los levantamientos con estaciones totales en la cartera de campo se deben anotar como mínimo los siguientes datos:

PUNTO: NOMENCLATURA / CÓDIGO	DELTA VISADO: NOMENCLATURA / CÓDIGO	ALTURA INSTRUMENTAL	ALTURA PRISMA	NORTE	ESTE	COTA	DISTANCIA INCLINADA	ÁNGULO OBSERVADO	DETALLES

- **Altimetría**

## Descripción de los trabajos

- Objetivo de la nivelación.
- Comisión de topografía: Relacionar los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los puntos de amarre utilizados y certificados por el IGAC.
- Cantidad de puntos nivelados.
- Cantidad de cambios realizados y longitud de la nivelación y contranivelación.
- Metodología utilizada para hacer la nivelación.
- Descripción del equipo utilizado anexando el certificado de calibración con vigencia no menor a seis (6) meses.

### • Cálculos y ajustes

Se deben realizar y entregar los cálculos y ajustes de la nivelación, estos cálculos y ajustes deben ser entregados en una hoja de Excel con copia en un archivo con extensión PDF con la siguiente información.

- Cálculo de las cotas de los puntos tomados en la nivelación.
- Cálculo de la contranivelación.
- Cálculo de la longitud del circuito de nivelación.
- Cálculo del error de cierre
- Cálculo de la nivelación ajustada.

### • Certificación de los vértices

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres.

Solamente, como apoyo altimétrico, se deben utilizar los NP's o cualquier punto con cota determinada geométricamente como vértice.

### • Carteras de campo

Las carteras de campo deben estar escritas de forma clara y contener todos los datos originales, esquemas e información pertinente, compilados en un libro. Las carteras deben ser llenadas a tinta y no se permite borrar. En caso de error se deben tachar y escribir la medida correcta. No se aceptan carteras pasadas a limpio. Las carteras deben identificarse de la siguiente manera:

- Nombre de la obra o proyecto.
- Para quien se realiza la obra o proyecto
- Número que identifique la nivelación.
- Vértices utilizados en el amarre.
- Localización.
- Fecha y (hora inicio – hora final).

- Nombre del topógrafo.
- Nombre de los auxiliares.
- Equipo utilizado. (Marca y serial)
- Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio).

Para las nivelaciones la cartera debe tener mínimo los siguientes datos:

ABSCISA	VISTA(+)	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA(-)	VISTA(INT)	COTA	OBSERVACIONES

#### • **Determinación de Vértices con GPS**

Descripción de los trabajos

- Objetivo del posicionamiento.
- Comisión de topografía: Relacionar los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los vértices de amarre utilizados y certificados por el IGAC.
- Cantidad de vértices posicionados.
- Tiempo de posicionamiento por vértice.
- Descripción del equipo utilizado y sus accesorios (marca y serial).

#### • **Cálculos y ajustes**

Los cálculos y ajustes del posicionamiento con GPS se deberán entregar en una hoja de Excel con una copia en archivo con extensión PDF, los cálculos que se deben presentar son los siguientes:

- Calculo de velocidades.
- Calculo de coordenadas geocéntricas.
- Calculo de coordenadas geodésicas.
- Calculo de coordenadas planas de Gauss y cartesianas locales.
- Plano de determinación en formatos CAD (DXF, DGN o DWG) y ARC GIS (MDX).

#### • **Certificación de los vértices**

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres.

El subproducto será el informe en medio magnético y físico de los estudios Topográficos para los proyectos definidos. Deberá estar avalado con la firma y número de matrícula profesional de un ingeniero Topógrafo o Topógrafo con matrícula profesional y con experiencia en PMAA.

### **3.3. Estudio Geotécnico**

Los estudios geotécnicos deben regirse por lo establecido en el literal G.2.2 ESTUDIO GEOTECNICO hasta G.2.6 del RAS 2000, estableciendo los costos del estudio de acuerdo con el análisis previo de la región objeto del mismo, alcance y tipo de obra. Para efectos de definición y control del diseño de las cimentaciones para los diferentes tipos de tuberías se tomará como referencia el literal G.3.2. EFECTOS DE CARGAS EXTERNAS, correspondiente al Título G del RAS 2000 y las partes pertinentes de los literales G.3.3 y G.3.4 del mismo título. Es importante la pertinencia de la aplicación del Art. 191 OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS, del Art 192 CONSIDERACIONES SISMICAS DE LOS DISEÑOS GEOTÉCNICOS y del Art. 193 CARGAS Y DISEÑO SÍSMICO DE TUBERÍAS, correspondientes a la Res N° 1096 del 17 de noviembre de 2000, por la cual se adopta el RAS

El consultor adelantará un programa de investigación del subsuelo, para lo cual realizará los sondeos y apiques que considere convenientes para obtener la información requerida para determinar clasificación de los suelos, características geológicas y geotécnicas de la zona del proyecto, permeabilidad, nivel freático, la capacidad portante, la estabilidad adecuada de la zona y en general las características físico-mecánicas y químicas, en los sitios donde se ubicarán las estructuras, se instalarán las tuberías, y de ser preciso se diseñará las obras de protección requeridas. De especial interés es determinar las condiciones excavación de las zanjas para instalar tubería, determinar las cargas admisibles, cargas actuantes, tipos de entibado, y otros. El estudio de suelos debe incluir el diseño de las cimentaciones de instalación de tuberías y otros conductos. El estudio deberá presentarse con los respectivos informes de laboratorio, registro fotográfico, suscrito por los responsables y con las respectivas recomendaciones del profesional idóneo en el tema; y con un plano de localización de los sondeos realizados.

Si bien es cierto que en los proyectos de municipios de nivel de complejidad bajo, medio y medio alto, es suficiente con el concepto profesional idóneo en la materia, que identifique las características físico-mecánicas del subsuelo, riesgos por fallas geológicas y de sismicidad, la no ejecución de exploraciones del subsuelo tendrá que ser adecuada justificada al interventor, quién aprobara o desaprobará esta situación de los estudios.

Los estudios de suelos necesarios para el diseño y localización de nuevas estructuras, se definirán de acuerdo a ellas y el número de barrenos será determinado en común acuerdo con la Interventoría y su costo deberá definirse para este producto.

### **3.4. Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR)**

EL CONSULTOR, a partir de los estudios previos realizados, deberá determinar el sistema centralizado de tratamiento de aguas residuales si llegase a ser factible, y deberá utilizar todos los criterios de diseño, parámetros y metodologías establecidas y exigidas



en el títulos A y E, del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.), se deben tener en cuenta el PSMV, los objetivos de calidad de la fuente receptora y la normatividad vigente (Dec.3100 de 2003, 3440 de 2004, Res. 1433 de 2004, 2145 de 2005 y Dec. 1594 de 1984, Dec 3930 de 2010, entre otros.).

El sistema de tratamiento de aguas residuales, deberá justificarse plenamente, en cuanto a la adopción de tecnologías y/o de las unidades propuestas incluyendo la variabilidad del tratamiento y de calidad de las aguas en diferentes épocas climáticas del año y señalar los requerimientos mínimos para su funcionamiento, elementos e insumos de laboratorio, recursos humanos y elementos para su adecuada operación.

- **Normatividad Aplicable**

La normatividad aplicable al proyecto de diseño, incluyendo los estudios complementarios y preliminares como son la estimación de la población, la dotación, la demanda y diagnóstico y diseño en sí de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), se realiza con los parámetros establecidos en la siguiente normativa:

<b>RAS 2000</b>	<b>Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.</b>
<b>Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico</b>	<b>Mediante la cual se adoptan el reglamento técnico del sector de agua Potable y saneamiento básico-RAS en los títulos I, II, IV y V.</b>
<b>Resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</b>	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI - parte III - libro II y el título III de la parte III - libro I - del decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

<b>Decreto 3930 de 2010</b>	<p>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto Ley 2811 de 974 en cuanto a usos del agua y recursos líquidos y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Este Decreto deroga el Decreto 1594 de 1984; sin embargo cuenta con un periodo de 18 meses a partir del 25 de octubre de 2010, para definir los criterios de calidad para los diferentes usos del agua, según Artículo 20.</p>
<b>Decreto 4728 de 2010</b>	<p>Por el cual se modifica parcialmente el decreto 3930 de 2010.</p>
<b>Resolución 1096 de 2000</b> del Ministerio de Desarrollo Económico	<p>Mediante la cual se adoptan el reglamento técnico del sector de Agua Potable y saneamiento básico-RAS en los títulos I, II, IV y V.</p>
<b>Resolución 2320 del 20 de noviembre de 2009</b> de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	<p>Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1096 de 2000 y adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.</p>
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	<p>Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI - parte III - libro II y el título III - parte III - libro I - del decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.</p>
<b>Decreto 3930 de 2010</b>	<p>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto Ley 2811 de 974 en cuanto a usos del agua y recursos líquidos y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Este Decreto deroga el Decreto 1594 de 1984; sin embargo cuenta con un periodo de 18 meses a partir del 25 de octubre de 2010, para definir los criterios de calidad para los diferentes usos del agua, según Artículo 20.</p>

<b>Decreto 4728 de 2010</b>	Por el cual se modifica parcialmente el decreto 3930 de 2010
-----------------------------	--

- **Parámetros**

- La población y demanda son imperativos para el diseño de una planta de tratamiento (RAS).
- El nivel de complejidad del lugar.
- Condiciones climatológicas y geográficas.

- **Selección de Alternativas de Localización, Tecnología Apropriada , y Diseño del Sistema de Manejo y Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas Municipales**

Se deberá analizar el alcance planteado en el PSMV aprobado por la autoridad ambiental, para el sistema de tratamiento propuesto, y seleccionar la tecnología y la localización definitiva, de acuerdo con los siguientes aspectos:

- Tendencia o proyección del crecimiento urbano. Perímetro urbano futuro.
- Usos y aptitud (potencialidad) del suelo. EOT o POT's
- Disponibilidad del área y distancia del perímetro urbano.
- Potencialidad, calidad y accesibilidad a las fuentes receptoras.
- Manejo de aguas combinadas (de excesos) muy posiblemente.
- Aceptabilidad de la población vecina o más cercana
- Aprovechamiento de subproductos de la planta de tratamiento.
- Localización y características físicas de sitio como accesibilidad e impacto socio ambiental.
- Análisis de costos del lote y de adecuación de terrenos en los que se proyectará construir la planta de tratamiento.

En lo relacionado específicamente con el (los) sistemas de tratamiento de aguas residuales STAR que se proyecta implementar, se deberá realizar un análisis de la tecnología a emplear así como la localización del lugar indicado para la construcción y operación, amparado entre otros por un adecuado plan de ordenamiento y uso del suelo y norma o manejo local de vertimiento o reuso (resultante de la evaluación de impacto ambiental sobre la fuente o medio receptor), para lo cual se debe considerar los siguientes ítems teniendo como referencia la información adelantada en los estudios preexistentes:

- Selección de localización.
- Pretratamiento seleccionado.
- Tratamiento Primario seleccionado

- Sistemas de Tratamiento Secundario seleccionado.
- Sistemas de Tratamiento Terciario seleccionado (si es el caso)
- Alternativas de tratamiento, disposición y utilización de lodos y residuos sólidos.
- Alternativas de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.
- Alternativas para el control de olores ofensivos.
- Alternativas de manejo ambiental en general.

Se deberá tener como referente en los sistemas de tratamiento del agua residual criterios de manejo y tratabilidad para las condiciones particulares de la zona: cargas y caudales de diseño, producción per cápita de contaminantes, la eficiencia en términos de remoción (cargas contaminantes) de contaminantes orgánicos e inorgánicos, organismos patógenos, la generación de olores ofensivos y lodos (estabilizados o desestabilizados), los costos y grado de dificultad de la operación y mantenimiento, los requerimientos y disponibilidad de área para su emplazamiento, los usos actuales y potenciales del suelo, las experiencias prácticas de sistemas similares. Es de anotar que la norma de vertimiento que se aplica, deberá ser la que corresponda como mínimo al criterio de calidad admisible al cuerpo de agua receptor según su uso (meta de calidad) del recurso y en ningún caso podrá estar por fuera de lo establecido en la normatividad vigente, así como los criterios de uso para el aprovechamiento del efluente.

Se requiere precisar detalladamente:

- Justificación técnico-ambiental de la tecnología adoptada,
- Justificación de la localización seleccionada para emplazar la PTAR,
- Delimitación del área del proyecto,
- Determinación del área de influencia del proyecto (directa e indirecta),
- Esquemas de los diseños y diagramas del proceso de tratamiento (diagrama de procesos, caracterización, definición de la capacidad de tratamiento, tecnología incorporada a la planta para el manejo y control de la contaminación ambiental).
- Caracterización de las obras principales y complementarias definiendo, entre otros, las áreas de tratamiento, administrativa, de operación, mantenimiento, de almacenamiento de lodos, de atención de emergencias.
- Demanda de recursos naturales para la instalación y operación del proyecto cuantificando y justificando claramente cada uno de ellos: Cuerpos receptores (vertimientos), fuentes de suministro (concesión de aguas superficiales o subterráneas), polución ambiental (contaminación atmosférica), residuos sólidos (transporte, tratamiento y disposición de lodos y demás residuos sólidos generados), explotación de material de arrastre o de cantera además de las necesidades de espacio físico para la instalación y operación de la(s) planta(s).

## • Caracterización de Aguas Residuales

- En los Estudios del Plan Maestro se deben incluir las caracterizaciones de las aguas residuales, que contengan análisis físicos, químicos y bacteriológicos.
- La característica del vertimiento, correspondiente al principal o principales puntos de descarga urbano; deberá contemplar dos muestreos en época seca y dos muestreos en época de lluvia (muestreos de 24 horas distribuidos en días típicos y atípicos) teniendo en cuenta por lo menos los siguientes parámetros: T°, pH, Sólidos Suspendidos, DQO, DBO, Coliformes Fecales y los establecidos en los artículos 149 y 150 del Título A del RAS 2000. El CONSULTOR evaluará la necesidad de analizar Nitrógeno, Fósforo, Coliformes Totales, entre otros o efectuar caracterizaciones presuntivas para estos casos, lo cual dependerá en gran medida de los indicadores y criterios establecidos por la Autoridad Ambiental según los usos del recurso (Objetivos de calidad).
- Se debe tener en cuenta aspectos contemplados en el capítulo E.2 del RAS 2000. Para los métodos de análisis y toma de muestras consúltense adicionalmente, los decretos 1594 de 1984 y 3930 de 2010, 1600 de 1994 y la “Guía para el monitoreo y seguimiento del agua”, del IDEAM.
- Los caudales podrán estimarse por métodos volumétricos, de velocidad o con dispositivos de aforo que permitan obtener los caudales en los tiempos de muestreo (compuesto).

## CRITERIOS DE PRE-TRATAMIENTO:

### SISTEMA DE CRIBADO:

El pre-tratamiento incluye diferentes estructuras que remueven especialmente materiales gruesos, pesados y flotantes. Dicho conjunto comprende los procesos de cribado y desarenado. Los criterios tenidos en cuenta para el proceso de cribado, incluyendo el dimensionamiento del canal de aproximación obedecen a los parámetros y valores sugeridos por el reglamento técnico RAS 2000.

<b>Criterios de diseño para cribado y canal de entrada</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínim</b>	<b>Máxim</b>
<b>CRIBADO GRUESO</b>				
Espaciamiento entre barras	N	mm	15	50
Velocidad de aproxim	V <sub>MA</sub>	m.s <sup>-1</sup>	0,3	0,6
Velocidad entre barra	V <sub>MB</sub>	m.s <sup>-1</sup>	0,3	0,6
Pérdida de carga en cribado	H	m		<0,75



### Diseño de cribado canal de aproximación

<i>Parámetro</i>	<i>Acrónimo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>
Limpieza			-
Espaciamiento entre barras	b	mm	-
Velocidad mín. de aproximación (0,3 - 0,6 m.s <sup>-1</sup> )	V <sub>MA</sub>	m.s <sup>-1</sup>	-
Factor de forma de las barras	β	-	-
Espesor de la barra	S	mm	-
Ángulo de inclinación de las barras	θ	°	-
Factor K	K	-	-
Pérdida de carga < 75 cm	H	cm	-
Número de barras	Nb	-	-
Número de espacios	Ne	-	-
Porcentaje de espacio libre	%EL	%	-
Velocidad mín. entre barras 0,3 - 0,9 m.s <sup>-2</sup>	V <sub>MB</sub>	m.s <sup>-1</sup>	-
Ancho Canal de aproximación	Ac	m	-
Altura Canal aproximación	hC	m	-
Longitud de rejillas	Lr	m	-

Después de remover los sólidos gruesos y flotantes por medio del cribado, se debe incluir un proceso de desarenado puesto que evita la abrasión a equipos posteriores, así como la acumulación excesiva de lodos, especialmente en sedimentador primario.

No obstante deberían poder incorporarse sistemas de cribado como: Tamices, cilindros, tornillos, desbastadores, etc.

Los demás criterios a considerar:

- Localización.
- Espaciamiento entre las barras o los orificios, según corresponda.
- Velocidad mínima de aproximación.
- Velocidad mínima entre barras.
- Cálculo de pérdida de carga.
- Sistemas de control para rejillas mecánicas.

### DESARENADORES:

Es importante contemplar los siguientes elementos:

- Geometría.

- Localización.
- Velocidad mínima del agua.
- Número de desarenadores.
- Tasa de desbordamiento superficial.
- Tiempo de retención hidráulico.
- Estructuras de control de caudal.

El desarenador se diseña teniendo en cuenta parámetros físicos tales como la tasa de desbordamiento superficial, tiempo de retención hidráulica y relaciones largo: ancho recomendadas por el RAS 2000. Los criterios de diseño para desarenadores son los siguientes.

#### Criterios de diseño para desarenador

<i>Parámetro</i>	<i>Acrónimo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Relación Largo/ancho	l/a	-	2,5:1	5:1
Relación ancho/profundidad	a/H	-	1:1	5:1
Velocidad mínima del agua	Va	m.s <sup>-1</sup>	0,2	0,4
Tasa de desbordamiento superficial	TDS	m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	700	1600
Tiempo de retención hidráulico	TRH	min	0,33	3

- Diámetro de la partícula de diseño > 0.10 mm.
- Temperatura.
- Determinación de la tasa de desbordamiento superficial (TDS): teniendo en cuenta la ley de Stokes y las recomendaciones del RAS (2000); se verifica que la estructura estuviera en el rango establecido por el RAS de 700-1600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d para el QMH + infiltraciones.
- Relación largo - ancho de 2,5:1 y la relación ancho-profundidad de 1,5:1.
- Porcentaje de remoción para partículas con una densidad de 2.65 g/cm<sup>3</sup> y un tamaño de partícula mayor a 0.10 mm.
- 

#### Diseño desarenador

<i>Parámetro</i>	<i>Acrónimo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>
Número de unidades	Un	-	-
Densidad de partículas a sedimentar	pp	g.cm <sup>-3</sup>	-
Densidad del agua	pa	g.cm <sup>-3</sup>	-
Gravedad	g	cm.s <sup>-2</sup>	-
Viscosidad del agua a T	μ	cm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	-
Diámetro de partículas	dp	Cm	-
Tasa de desbordamiento superficial	TDS	m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	-

<i>Parámetro</i>	<i>Acrónimo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>
Área superficial de cada desarenador	Ad	m <sup>2</sup>	-
Relación Largo/ancho	l/a	-	-
Ancho	a	M	-
Largo	l	M	-
Relación ancho / profundidad	l/a	-	-
Profundidad útil	H	M	-
Volumen útil desarenador <sup>1</sup>	Vd	m <sup>3</sup>	-
Tiempo de retención hidráulico	TRH	Min	-

Finalmente, se debe incluir dentro del tren de tratamiento la medición de caudal el cual permite calcular la carga contaminante de entrada.

## CRITERIOS DE TRATAMIENTO PRIMARIO

### CLARIFICADOR PRIMARIO:

Un tratamiento primario tiene como fin remover a partir de fuerzas físicas los sólidos suspendidos en el agua residual y a la vez, disminuir la cantidad de materia orgánica o DBO presente en la misma. Los criterios de diseño para un sedimentador convencional rectangular se presentan en la siguiente tabla.

<b>Criterios de diseño tanque sedimentador primario</b>				
<i>Parámetro</i>	<i>Acrónimo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Relación longitud : ancho (QMH)	l/w	-	1,5:1	15:1
Profundidad	h	m	2	5
Tiempo de Retención Hidráulico	TRH	h	1	
Tasa de desbordamiento superficial (QMH)	TDS	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	80	120
Tasa de desbordamiento superficial (Qmd)	TDS	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	32	48

Es importante contemplar los siguientes elementos:

- Geometría.
- Tiempo de retención.
- Profundidad.
- Tasa de desbordamiento superficial.
- Profundidad de almacenamiento de lodos.
- Entradas y salidas.

- Rebosadores.
- Colocación de pantallas.
- Control de olores.

## CRITERIOS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO

Los tratamientos secundarios tienen como objetivo principal eliminar la DBO remanente o soluble e los procesos físicos llevados a cabo anteriormente. Dichos tratamientos generalmente utilizan microorganismos para convertir la DBO soluble en lodos y gases y de esta manera eliminar la materia orgánica diluida del afluente. Es importante tener en cuenta que estos procesos al depender de organismos, deben ser manejados con cuidado y evitar la inhibición o sobrecarga de los mismos.

### REACTOR BIOLÓGICO AEROBIO:

Es importante contemplar los siguientes elementos:

- Selección del tipo de reactor.
- Carga orgánica.
- Producción de lodos.
- Requerimiento y transferencia de oxígeno.
- Requerimiento de nutrientes.
- Control de organismos filamentosos.
- Características del efluente.
- Tanque de aireación.
- Profundidades del líquido.
- Control de cortos circuitos.
- Entradas y salidas.
- Conductos.
- Aparatos medidores.
- Borde libre.
- Equipo de retorno de lodos.
- Bombas para el retorno de lodos.
- Tubería de retorno de lodos.

A continuación, se puede observar los parámetros empíricos de diseño para el proceso de lodos activados.

**Parámetros empíricos de diseño para el proceso de lodos activados  
(Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y  
Saneamiento Básico, 2000)**

Tipo de Proceso	Carga orgánica kgDBO <sub>5</sub> /KgSSVLM/d (f/m)	Carga Volumétrica KgDBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> /d (fq/v)	Tiempo de detención (horas) (t <sub>d</sub> )	Edad de lodos (días) (θ <sub>c</sub> )	SSLM mg/L (x <sub>t</sub> )	Retorno Fracción (r)
Convencional	0.2 - 0.5	0.3 - 1.0	4 - 8	5 - 15	1500 - 3000	0.25 - 0.5
Completamente mezclado	0.2 - 0.6	0.8 - 2.0	4 - 8	5 - 15	3000 - 6000	0.25 - 1.0
Aireación escalonada	0.2 - 0.5	0.6 - 1.0	3 - 5	5 - 15	2000 - 3500	0.25 - 0.7
Alta tasa	0.4 - 1.5	0.6 - 2.4	0.25 - 3	1 - 3	4000 - 5000	1.0 - 5.0
Aireación modificada	1.5 - 5.0	1.2 - 2.4	1.5 - 3	0.2 - 0.5	200 - 1000	0.05 - 0.25
Estabilización por contacto	0.2 - 0.5 -	1.0 - 1.2 incluido ya	0.5 - 1.0 3 - 6	5 - 15 -	1000 - 3000 4000 - 10000	0.2 - 1.0 -
Contacto Estabilizado						
Aireación extendida	0.05 - 0.25	<0.4	18 - 36	15 - 30	3000 - 6000	0.75 - 1.5
Oxígeno puro	0.4 - 1.0	2.4 - 4.0	1 - 3	8 - 20	6000 - 8000	0.25 - 1.5
Zanjón de oxidación	0.05 - 0.30	0.1 - 0.5	8 - 36	10 - 30	3000 - 6000	0.75 - 1.5
Reactor SBR	0.05 - 0.30	0.1 - 0.2	12 - 50	No aplica	1500 - 5000	No aplica

**REACTOR BIOLÓGICO ANAEROBIO:**

El tratamiento anaerobio es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción coordinada de microorganismos, en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes (SO=4, NO=3, etc.). Como subproducto de ella se obtiene un gas, denominado usualmente biogás, cuya composición básica es metano CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en un 95%, pero con la presencia adicional de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, usualmente en proporciones inferiores al 1% (Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

El reactor anaerobio debe venir inmediatamente después de los procesos de desbaste y desarenado sin pasar por una etapa de sedimentación primaria. No se deben colocar sistemas de sedimentación primaria antecediendo a los reactores anaerobios (Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Es importante contemplar los siguientes elementos:

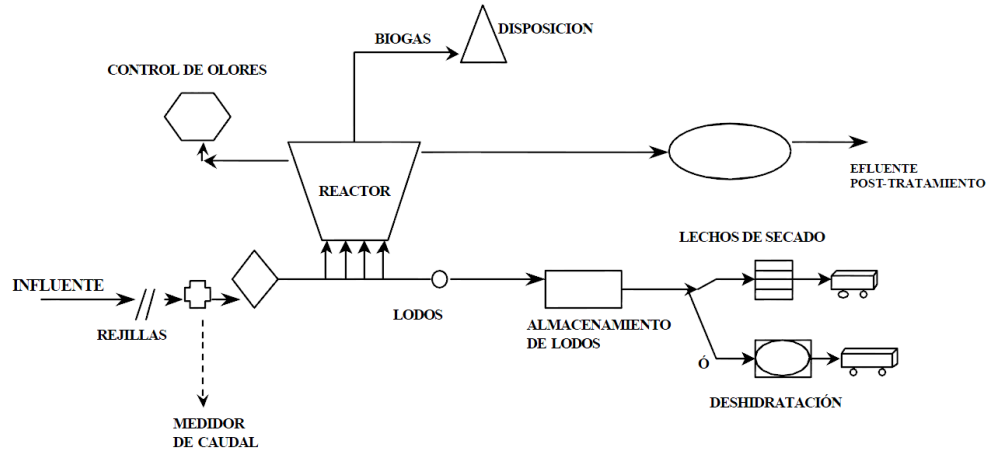
- Tipos de reactores: UASB (RAFA), RAP y filtros anaerobios.



- Producción de gas.
- Composición del biogás.
- Tratamiento de gases.
- Combustión del biogás.
- Control de olores.
- Localización.
- Tiempo de retención hidráulica.
- Altura del reactor.
- Separador gas-sólido-líquido.
- Inclinación de las paredes.
- Tasa de carga superficial.
- Velocidad del agua en la garganta.
- Área superficial.
- Traslape de pantalla.
- Diámetro de las tuberías.
- Proporciones geométricas.
- Medio de soporte.
- Manejo del biogás.
- Selección del tipo de reactor.
- Carga orgánica.
- Producción de lodos.
- Requerimiento de nutrientes.
- Características del efluente.
- Control de cortos circuitos.
- Aparatos medidores.
- Equipo de retorno de lodos.
- Bombas para el retorno de lodos.
- Tubería de retorno de lodos.

A continuación, se puede observar un diagrama de flujo típico de tratamientos anaerobios.

**Diagrama de flujo típico de tratamientos anaerobios (Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)**



**CLARIFICADOR SECUNDARIO:**

Es importante contemplar los siguientes elementos:

- Geometría.
- Tiempo de retención.
- Profundidad.
- Tasa de desbordamiento superficial.
- Profundidad de almacenamiento de lodos.
- Entradas y salidas.
- Rebosadores.
- Colocación de pantallas.
- Control de olores.

**Tasas desbordamiento superficial recomendadas para dimensionamiento de sedimentadores secundarios**

TABLA E.4.15 (RAS/2000) Valores de TDS recomendadas		
	Tasa de desbordamiento superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)	
Tipo de tratamiento	Caudal promedio	Caudal pico
Sedimentación seguida por filtros percoladores	16-24	40-48

**DESINFECCIÓN:**

Es importante considerar los siguientes parámetros:

- Caudal de aguas residuales a tratar.
- Calidad final deseada de desinfección.
- Razón de aplicación y demanda.
- El pH del agua que va a desinfectar.
- Costos del equipo y suministro.
- Cloración.
- Dosis.
- Punto de aplicación.
- Tiempo de contacto.
- Consideraciones hidráulicas.
- Ultravioleta.
- Efectos de la turbiedad.

## CRITERIOS DE TRATAMIENTO DE LODOS

Los lodos producidos pueden ser espesados y deshidratados, sin embargo, tienen que cumplir que después de la deshidratación tengan menos del 75% del contenido de humedad.

Deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. Los efluentes líquidos del tren de lodos deben integrarse en los balances de masa del tren líquido (Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000). Además, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- No deben descargarse dichos efluentes a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.
- Los lodos primarios deben estabilizarse.
- Se debe establecer un programa de control de olores.
- Se debe establecer un programa de control de vectores.

Es importante considerar los siguientes parámetros:

- Sólidos suspendidos.
- Sólidos totales.
- Nitrógeno total Kjeldahl.
- Fósforo.
- Metales.

## Generación típica de lodos por tratamiento

Proceso de tratamiento	Sólidos secos, g/10 <sup>3</sup> Litros de agua residual tratada	
	Rango	Típico
Sedimentación primaria	108-168	150
Lodos Activados (Lodo de desecho)	72-96	84
Filtros percoladores (Lodo de desecho)	60-96	72
Aireación extendida (Lodo de desecho)	84-120	96 <sup>a</sup>
Lagunas Aireadas (Lodo de desecho)	84-120	96 <sup>a</sup>
Filtración	12-24	18

<sup>a</sup> Suponiendo que no hay tratamiento primario

## TRATAMIENTOS DE LODOS

En todo tren de tratamiento de aguas residuales siempre se debe considerar paralelamente un tren de tratamiento de lodos. Los lodos son los sólidos de alta humedad provenientes de los tratamientos primario y secundario de las unidades de la planta. Éstos sólidos deben ser estables orgánica y biológicamente, y debe ser reducida su humedad.

## ESPESAMIENTO

El espesado es un procedimiento que se emplea para aumentar la fracción sólida del lodo mediante la reducción de la fracción líquida y de esta forma reducir el volumen de lodo.

Es muy útil para que en procesos posteriores, previos a la disposición final, se disminuya la capacidad de tanques, equipos y reactivos necesarios para acondicionar el lodo.

Es espesamiento se puede hacer con lodo fresco o lodo digerido, mediante este proceso el lodo fresco disminuye su volumen mientras que el lodo digerido se prepara para la fase de secado.

El espesamiento se puede llevar a cabo mediante procedimientos físicos, siendo lo más utilizados: espesado por gravedad, por centrifugación y por flotación.

- Espesado por gravedad:

Se lleva a cabo en un tanque similar al tanque de sedimentación convencional, generalmente circulares. El lodo diluido se conduce a una cámara de alimentación central. El lodo que va siendo alimentado, se sedimenta y compacta y el lodo espesado se extrae por la parte inferior del tanque.

En la unidad de espesamiento generalmente se crean cuatro zonas: zona de sedimentación libre, zona de sedimentación obstaculizada, zona de compresión progresiva y zona de compactación.

Es importante considerar los siguientes parámetros:

- Consideraciones hidráulicas.
- Tasa de desbordamiento superficial.
- Tasa de carga másica (TCM).
- Altura.
- Almacenamiento de lodo.
- Disposición del sobrenadante.
- Control de olores.

- Espesado por centrifugación:

Este proceso se lleva a cabo tanto para espesar lodos como para deshidratarlos. Su aplicación se limita al espesado de lodos activados. El proceso implica la sedimentación de las partículas de lodo bajo la influencia de fuerzas centrífugas. Existen dos tipos: de camisa maciza o de cesta.

- Espesado por flotación:

Es un proceso excelente para el espesamiento de lodos de difícil sedimentación. Es un proceso físico-químico de separación de sólidos y líquidos, basado en el arrastre de partículas en suspensión hasta arriba por intermedio de pequeñas burbujas de aire. Las burbujas de aire se adhieren a las partículas reduciendo aparentemente el peso específico y permitiendo que suban a la superficie. De esta forma los sólidos o líquidos emulsificados o coloidales pueden ser separados por flotación (con un desnatador). Los métodos de flotación más comunes son: flotación por aire disuelto y flotación biológica por formación de gas de fermentación.

En la flotación por aire disuelto, el aire se introduce en una solución que se mantiene a una presión determinada, cuando se despresuriza la solución el aire disuelto se libera en forma de burbujas finamente divididas.

- Estabilización con cal

El fundamento de la estabilización del lodo con cal es la creación de condiciones fisicoquímicas capaces de inhibir el proceso de degradación biológica de la materia orgánica que éste contiene, evitando así la producción de malos olores. Valores elevados de pH (sobre 12) crean un entorno que no favorece la supervivencia de los microorganismos, además un pH alto hace



precipitar la mayor parte de los metales pesados presentes en el lodo reduciendo su solubilidad y movilidad. La estabilización de lodos con cal puede realizarse tanto con óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) o hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Ambos tipos de cal presentan diferentes reacciones al ser mezcladas con el lodo.

- Lechos de secado

Los lechos de secado son espacios diseñados para disminuir de manera notable la humedad de los lodos. Estos lechos son estructuras muy simples similares a una piscina de poca profundidad y adaptada por medio de un lecho filtrante de arena, adoquín, un techo para evitar que la precipitación aumente la humedad del lodo expandido y paredes de concreto.

El lecho es capaz de disminuir la cantidad de agua presente en los lodos debido a la radiación solar del sitio y al contacto con el aire.

Es importante considerar los siguientes parámetros:

- Geometría.
- Drenajes.
- Altura.
- Almacenamiento de lodo.
- Disposición del sobrenadante.
- Control de olores.

## OBRAS COMPLEMENTARIAS

Se debe realizar además el diseño de las siguientes obras:

- Urbanismo
- Caseta de celaduría, portal de entrada y valla informativa.
- Barrera viva que garantice el aislamiento del sistema de tratamiento de las zonas vecinas
- Instalaciones eléctricas y alumbrado público
- Suministro de agua potable
- Vías perimetrales
- Drenaje perimetral y sistema de protección contra inundaciones
- Laboratorio básico
- Señalización detallada de los componentes del sistema, ubicada en los planos finales de entrega, con su respectivo diseño para cada estructura y componente.

## OTROS ASPECTOS

- Se deben contemplar dentro de los diseños eléctricos todos los requerimientos normativos exigidos por la empresa de energía que preste el servicio en el municipio, el RETIE (Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas), se deberá tener en cuenta para todas las instalaciones eléctricas del proyecto. EL CONSULTOR deberá obtener la información necesaria para los diseños eléctricos y mecánicos definitivos.
- Se deben realizar los perfiles hidráulicos de la planta de tratamiento en donde indique claramente las cotas de la lámina de agua en cada uno de los procesos, referenciando dichos puntos a las cotas del terreno natural e indicando en el plano las zonas de excavación y relleno. Se debe verificar que la cota de entrega del efluente final permita el flujo al receptor de una creciente con un período de retorno mínimo de 50 años.
- El CONSULTOR realizará todos los estudios a este nivel de diseño detalle, tales como análisis estructurales, sistemas de control, diseños mecánicos y eléctricos (ya mencionados). Tomando como referencia el RAS, se complementará con la aplicación de la normatividad vigente en los diferentes campos del diseño, aceptadas en el país. Este es el caso para los diseños de estructuras hidráulicas, materiales como el acero, y otros que componen las estructuras y equipos mecánicos y eléctricos seleccionados en el diseño, insumos y otros elementos complementarios existentes en la futura planta. Todos estos aspectos serán acordados previamente con la interventoría, mediante protocolos que serán de obligatorio cumplimiento.
- Se elaborarán planos detallados de construcción, hidráulicos, estructurales, eléctricos, sistemas de control y mecánicos así como las especificaciones técnicas previamente aprobadas por la Interventoría. El CONSULTOR especificará las características de los vertimientos con que deberán ser entregadas al alcantarillado, las descargadas por las industrias, estaciones de servicio y afines y el matadero.
- Programa y costos de la “Puesta en marcha de la PTAR: El Consultor entregará un detallado programa de la puesta en marcha de la planta, que incluya el arranque, estabilización, operación estabilizada, entrenamiento, y entrega de la planta al operador con sus manuales, laboratorios, etc. Esta actividad será costeadada e incluida en el presupuesto de la obra para ser ejecutada por el contratista constructor.

- Todas las estructuras de control de caudales deben garantizar que el sistema de tratamiento no se sobrecargue hidráulicamente.

## MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR

Se debe elaborar un manual que contemple por lo menos los siguientes aspectos:

- Las normas generales y específicas para operación y mantenimiento de cada uno de los componentes de la planta, incluyendo el procedimiento para la puesta en marcha.
- La organización de la planta de tratamiento para su administración, operación, mantenimiento y demás actividades relacionadas con el proceso de tratamiento.
- Un plan de contingencia que contemple las acciones a realizar en el evento de que los sistemas proyectados no funcionen o en caso de corte de energía; adicionalmente, que contemple las acciones necesarias para minimizar los impactos ambientales negativos y daños por posibles inundaciones que puedan presentarse durante la vida útil del proyecto.
- Programa de seguimiento para el control del funcionamiento del sistema de tratamiento.
- El manual debe ser presentado con un marco teórico, en forma de cartilla ilustrativa y con diagrama de flujo. Debe presentar además los formatos de registro y control específicos al sistema de tratamiento diseñado, de manera tal que permita al prestador llevar un histórico en medio físico y magnético de las labores de control de calidad, operativas y de mantenimiento, utilizando herramientas de computo en donde se elaboren las hojas de vida de la infraestructura y aditamentos componentes del sistema, estableciendo un programa de seguimiento y control, con el fin de garantizar el conocimiento de las acciones y actividades de operación y mantenimiento realizadas, sus costos y demás que permitan las acciones tendientes a la eficiente prestación del servicio, medición de caudal afluente y efluente, Tratamiento y manejo de lodos, Instrumentación, Procesos alternativos de acuerdo al tipo de planta.

Adicionalmente, debe presentarse un diagrama de flujo de la planta completa, con todas sus válvulas, equipos y las instrucciones de como operar el sistema en condiciones normales y en condiciones de emergencia. Debe presentar todos los cálculos de los equipos de dosificación de insumos químicos si es el caso, acorde con las necesidades, al igual que los cálculos de equipos de bombeo que sean requeridos para la eficiente operación del sistema de tratamiento.

Es indispensable anexar, debidamente clasificados todos los catálogos de los fabricantes, de los equipos y elementos diseñados, además de garantizar respaldo técnico de fácil acceso.

#### 4. PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

El producto será el informe en medio magnético y físico del Programa de Optimización en la prestación del Servicio de Tratamiento de aguas residuales. Este programa deberá incluir los siguientes subprogramas:

##### SUBPROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

- El CONSULTOR debe formular un subprograma de calidad del agua residual que propenda por mantener los criterios relativos a la tratabilidad de las aguas residuales municipales, mediante la identificación y determinación de las características de las actividades diferentes a las que generan aguas residuales domésticas, con el fin de montar procedimientos que permitan ejercer el control por parte del operador del servicio, sobre los vertimientos que se realizan o realizarán sobre el sistema de alcantarillado. Para esto se deberá atender las normas vigentes en la materia o determinar si se requieren restricciones adicionales, y su aplicación, mediante el establecimiento y aplicación de una reglamentación sanitaria de la red.

##### SUBPROGRAMA DE PROTECCIÓN DE RONDAS DE CUERPOS DE AGUA.

- Según lo dispuesto en el EOT o POT, normatividad ambiental y de las necesidades de protección de los cuerpos de agua, del diseño y construcción de redes, El CONSULTOR deberá integrar dentro de sus soluciones de drenaje, los aspectos inherentes a las rondas o márgenes de las citadas fuentes de agua.

##### SUBPROGRAMA DE GESTIÓN DEL RIESGO

- El CONSULTOR deberá montar un subprograma de prevención y atención integral de riesgos de acuerdo con las amenazas (factores y características del riesgo) presentes en el área de influencia del proyecto y con la vulnerabilidad del sistema, de tal forma que se cubran los factores y características relacionados con riesgos sanitarios, riesgos por desborde de aguas servidas, inundaciones, entre otros que se identifique en el municipio y que puedan afectar el drenaje normal del agua.

Este producto deberá estar avalado con la firma y número de matrícula de un ingeniero civil o sanitario con grado mínimo de especialista en recursos hídricos y/o hidráulicos.

- **. PRODUCTO N° 3**

#### 5. PROPIEDADES, DERECHOS Y SERVIDUMBRES

Una vez definidas las áreas que ocuparán los diferentes componentes del proyecto, el consultor deberá realizar una evaluación de los derechos de propiedad de dichas áreas y establecer la necesidad de la compra de algunas de ellas y definir su costo, o en su defecto establecer las acciones de legalización de los derechos y servidumbres que sean necesarios para la construcción y operación del proyecto. Deberá adjuntarse el respectivo plano del proyecto, con una base de datos adjunta identificando los predios a intervenir, el cual debe contener como mínimo (de existir esta información):

- Nombre del Predio
- Número de cédula catastral
- Georeferenciación de cada uno de los predios a intervenir
- Nombre del Propietario y copia de la cédula de ciudadanía o NIT del propietario
- Vereda y/o Barrio
- Copia simple de la Escritura Pública.
- Certificado de Tradición y Libertad del predio con vigencia de tres (3) meses
- Información predial contenida en los registros 1 y 2 de Catastro.
- El Consultor presentará informe topográfico para los predios afectados que incluye poligonales y franja o lote utilizado en el proyecto, con carteras de campo, esquemas de poligonales, memorias de cálculo, listado de coordenadas ajustadas y registro fotográfico de los puntos materializados, áreas afectadas y áreas libres, y la información catastral y del propietario que se obtenga. La salida gráfica se hará en: dos (2) copias impresas en original y en medio magnético CD ROM con archivo con extensión PDF.

### ***Plano de Intervención Predial***

Para cada predio se entregará este producto en escalas apropiadas, como: 1:200, 1:500 o 1:1000, las cuales serán aprobadas por la interventoría. Además, llevará un cuadro con los datos de longitudes de los linderos y áreas a intervenir según levantamiento topográfico. La salida gráfica se hará en: dos (2) copias impresas en original y en medio magnético CD ROOM, en formato con extensión PDF.

### ***Ficha Predial***

Se entregará este producto con la totalidad de los datos levantados según formato suministrado por el Interventor. La información se entregará impresa y en medio magnética, en dos (2) copias, en Excel.

### ***Informe Jurídico:***

- Relación de Predios a intervenir.
- Copia del Registro Topográfico individual.
- Fotografías del Predio.



- Copia de cédula de ciudadanía del propietario.
- Certificado de Tradición y Libertad.
- Copia simple de Escrituras Públicas.
- Información predial contenida en los registros 1 y 2 de Catastro.
- Archivo magnético de las fotografías.

Con base en la información obtenida se presentará un diagnóstico del tipo de tenencia y situación jurídica actual de los propietarios de los predios afectados a intervenir por el proyecto, para realizar recomendaciones a LA EMPRESA en el tema de los trámites ante entidades públicas.

## 6. ASPECTOS AMBIENTALES

El consultor deberá preparar toda la documentación necesaria para que Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP apoye a los entes prestadores de servicios públicos y/o Alcaldías Municipales y estos soliciten a la Corporación Autónoma Regional (CAR) los permisos, concesiones y autorizaciones requeridas por la ley para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente, para así cumplir con la normatividad ambiental vigente.

### *Estudios de Impacto Ambiental*

El consultor establecerá para cada uno de los componentes del proyecto los impactos positivos y negativos generados por la ejecución de trabajos de campo de la consultoría, como durante la ejecución de la obra y sus correspondientes medidas de prevención, mitigación o compensación respecto a los recursos de agua, aire, fauna, flora y población, determinando los grados de afectación de cada uno, cuyos costos y prioridades se determinarán en el presupuesto del acápite especial.

Se dará información relevante respecto a permiso de concesión de agua, requerimientos de caudal, ocupación de cauces, ocupación de predios, aprovechamiento forestal, disponibilidad de canteras y disposición de escombros en el área de estudio.

El plan de manejo para la ejecución de la interventoría será presentado a la interventoría la cual lo aprobará y le hará seguimiento.

La construcción de las obras propuestas en los estudios y diseños del Plan Maestro generará impactos negativos y positivos en su zona de influencia, lo cual requiere la estructuración de un plan de manejo ambiental que contenga medidas diseñadas para evitar, prevenir, controlar y/o mitigar impactos ambientales que afecten los

componentes biótico, abiótico, paisaje y social, y que pongan en riesgo la construcción del proyecto.

Por lo anterior, EL CONSULTOR debe reconocer el contexto regional y geográfico en el cual se desarrollarán las obras, que le permitirá definir los programas que aplican según el alcance de estas y las condiciones de su área de influencia. Ésta evaluación tiene como propósito garantizar el desarrollo sostenible con su entorno social y ambiental, según las normas colombianas aplicables.

Una vez estructurado y aprobado el Plan de Manejo Ambiental, EL CONSULTOR debe convertirlo en un manual de campo, escrito en lenguaje claro que facilite su diligenciamiento, para ser enseñado al personal operativo, previo y durante la ejecución de la obra, de tal forma que se asegure su cumplimiento. Para el caso, EL CONSULTOR podrá revisar el Manual de Buenas Prácticas Ambientales publicado por el Ministerio de Vivienda.

Para el PMA el CONSULTOR deberá realizar un análisis comparativo de los efectos y riesgos inherentes a la obra o actividad y de las posibles soluciones, además de cuantificar las medidas de mitigación y control para cada una de las alternativas.

EL CONSULTOR deberá elaborar las respectivas matrices de impactos y formular el plan de manejo con acciones de preservación, compensación, mitigación y control de los mismos, durante las fases del proyecto, en la construcción, operación y mantenimiento. En ella se analizarán los efectos de impactos ambientales y medidas de control de: suelos, geología, calidad del agua, hidrografía, clima, fauna, flora, desarrollo urbano y salud. En el caso de las fuentes receptoras, EL CONSULTOR deberá crear una base actual y futura, en la cual se identifique el estado ambiental antes y después de la implementación de las obras.

EL CONSULTOR deberá observar y aplicar leyes y normativas relativas a Salud Ocupacional y Seguridad Industrial, considerando escenarios para tomar todas las precauciones necesarias dirigidas a evitar y prevenir en las zonas de trabajo e instalaciones temporales, accidentes o condiciones que deriven en enfermedades profesionales.

## **7. PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL**

El CONSULTOR concertará con la Administración Municipal los diferentes mecanismos de convocatoria y lugares de realización de las diferentes actividades de presentación del proyecto y/o educativas.

El CONSULTOR diseñará como material de apoyo educativo, folletos y/o plegables, que contengan la temática que se trabajará durante la estrategia educativa, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas dadas por la Interventoría.

El CONSULTOR presentará los respectivos informes que solicite la interventoría, con sus respectivos soportes y/o evidencias.

Dada la importancia de unificar los criterios para interactuar con la comunidad y las autoridades municipales, de común acuerdo con la interventoría, el consultor preparará un plan de gestión social en el municipio y sus centros poblados que básicamente debe incluir una estrategia para interactuar con la comunidad, la estrategia educativa tanto para el manejo de la etapa de la obra como para la actual de consultoría. Debe incluirse la capacitación a los operarios de planta para el manejo ésta..  
El Plan de Gestión Social será aprobado por la interventoría.

## **8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

El consultor preparará el volumen de especificaciones técnicas de construcción, requerido para el control de calidad de la obra y medida y pago de la misma, siguiendo el formato establecido para tal fin, el cual deberá ser concertado previamente con la Interventoría que para tal efecto se designe.

Igualmente preparará la lista de cantidades de obra, precios unitarios del proyecto y el suministro de tubería, incluyendo el respectivo AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad) para la conformación del presupuesto de obra, de acuerdo con los ítems de pago establecidos dentro de las especificaciones técnicas, agrupados debidamente por componentes.

Deberá adjuntarse el respectivo análisis del AIU.

## **9. PRESUPUESTO DE OBRAS**

Con base en los diseños definitivos, el Consultor preparara las cantidades de obra, los suministros de tubería, los precios unitarios, los cuales deberán ser independientes en el presupuesto, detallando cada uno de los Ítems soportados por su respectivo análisis de precios unitarios.

La descripción del ítem debe ser lo suficientemente clara. En el caso de las excavaciones deberá incluir la profundidad de excavación a la cual se realizó el análisis del APU, los rellenos deberán incluir el % de compactación, resistencia de los concretos, etc.

No se admitirán ítems globales.

Junto con el presupuesto debe adjuntarse la respectiva memoria de cálculo de las cantidades de obra que soportan el presupuesto.

## **10. ASPECTOS FINANCIEROS**

Una vez que el Consultor haya definido el presupuesto del proyecto, resultante de los estudios y diseños realizados, se conforma el plan financiero del mismo.

## **11. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CON FLUJO DE FONDOS E INVERSIONES**

El Consultor elaborará el cronograma y flujo de fondos e inversiones de la ejecución del proyecto con el fin de determinar la secuencia óptima para adelantar su realización. Se hará un diagrama de barras que indique la duración de cada actividad, la interrelación entre cada una de ellas y en forma clara la ruta crítica del proyecto; preferiblemente en Project.

Así mismo deberá estimar el costo del servicio requerido de Interventoría del proyecto, que hará parte del plan financiero.

Se formulará el plan tentativo de ejecución del proyecto, que involucre las etapas de contratación y de ejecución de las obras de los diferentes componentes del proyecto, identificando la ruta crítica y definiendo la secuencia constructiva más adecuada para el esquema propuesto.

Para adelantar en forma satisfactoria la ejecución del proyecto, el recomendará y dimensionará los recursos técnicos y humanos que se estimen necesarios para el adecuado funcionamiento del esquema de organización requerido.

## **12. PRESENTACIÓN DE PLANOS Y DOCUMENTOS**

El consultor suministrará los planos en medio magnético y en físico original y dos (2) copias heliográficas de 0,60 m x 0.90 m de los planos generales y un reducido en planta y otro en perfil a una escala adecuada que permita apreciar la totalidad del proyecto.

La escala de los dibujos y la presentación de los mismos, así como el manejo de los archivos magnéticos en el formato que se establezca en el Acta de Inicio del contrato.

En los planos de las obras hidráulicas se deberá dibujar los perfiles hidráulicos y en la parte inferior se indicará en espacios separados las abscisas, cota de terreno, cota piezométrica, presión disponible, etc.

Los planos entregados producto de este estudio deberán ser firmados por el contratista, el diseñador, y el interventor; si los planos se refieren al diseño de sistemas especiales deberán además ser firmados por el profesional especialista en el área.

Los planos entregados deben ser planos constructivos, estar debidamente acotados, a escalas adecuadas, en el caso de los planos estructurales deberá incluir la cartilla de hierros.

En general, para la aplicación de normas y especificaciones técnicas relacionadas con los diseños, planos, memorias, etc., se tendrá en cuenta lo señalado en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento RAS y sus actualizaciones del hoy Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Los Informes de diseño definitivos que incluyen los informes de presentación de planos, memorias de cálculo, estudios y diseños definitivos, donde se deben incluir los resultados, recomendaciones y conclusiones del desarrollo de las actividades descritas en los términos de referencia y otros temas que el consultor haya considerado de importancia y que tengan relación con los estudios, deberán ser aprobados por la interventoría.

Los proyectos que el consultor deberá presentar ante Ventanilla Única del MVCT para ser viabilizados por medio de este mecanismo y según la normatividad vigente para tal efecto (Resolución 0379 de 2012), deberán contar con la aprobación de la interventoría y realizar correcciones si fueren necesarias. Finalmente, el consultor deberá entregar a Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP los proyectos ya viabilizados.

El consultor podrá presentar proyectos completos individuales por municipios, centros poblados y/o sistemas regionales que fueren necesarios con el fin de agilizar los procesos posteriores.

Informe Final - Este Informe deberá incluir las observaciones y correcciones dadas por la Interventoría del estudio. Deberá además incluir el documento final del Plan Maestro y un documento de resumen ejecutivo del desarrollo de los Estudios y Diseños por cada municipio incluidos centros poblados y/o sistemas regionales si existen.

El consultor deberá entregar los informes mencionados anteriormente y los proyectos resultantes de la Consultoría con todos sus anexos en original y dos (2) copias, así como en forma magnética (CDs) compatible con las aplicaciones de software disponibles en Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP.



En los documentos de presentación de los resultados, el Consultor deberá referenciar al final de los mismos, la bibliografía utilizada, citando las posibles fuentes de consulta.

**ULTIMO PAGO 10% ATRIBUCION DEL DISEÑO POR PARTE DEL MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO**

**13. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO AL MINISTERIO VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (MVCT)**

El consultor deberá obtener la viabilidad del proyecto de acuerdo con lo establecido en la Resolución 0379 de junio 25 de 2012, en lo que hace referencia a: proyecto viable, proyecto viable condicionado o proyecto técnicamente aceptable, según corresponda.

Además, el Consultor debe conocer todos los requisitos de ventanilla única, pues es responsabilidad de éste de efectuar todos los estudios y diseños exigidos por esta, por lo que podrá ser requerido por parte el MVCT para que realice los ajustes y correcciones pertinentes a los proyectos, dudas e inquietudes que surjan del proyecto, de tal forma que se introduzcan oportunamente.