



SECCIÓN ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN  
REVISTA CENTRO DE ESTUDIOS EN SALUD  
Año 9 - VOL 1 - N° 11 - 2009

## MODELO PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA AGUAS RESIDUALES INSTITUCIONALES SETBARI

Ruby Criollo Martínez,<sup>1</sup> Blanca Lucía Folleco,<sup>2</sup> Rosa Elizabeth Cuaspad,<sup>3</sup> Fabio David Polo,<sup>4</sup> Diana Arroyo<sup>5</sup>

Fecha de recepción: Enero - 16/08

Fecha de aceptación: Septiembre - 22 / 09

### RESUMEN

Durante la formulación del plan de saneamiento y manejo de vertimientos de la sede Torobajo de la Universidad de Nariño se pudo establecer que existen ciertas diferencias entre una comunidad municipal y una comunidad institucional; sin embargo es posible considerar las aguas residuales producidas en una institución como de carácter doméstico, por ello se plantea la modificación del modelo conceptual de selección de tecnología para el control de contaminación por aguas residuales domésticas SELTAR, para su aplicación en poblaciones de carácter institucional, tomando en cuenta las diferencias generales entre una población municipal y una institucional. El esquema general se desarrolla en una serie de bloques constituidos por: factibilidad, priorización, objetivos ambientales (grado de tratamiento del agua residual) y manejo de lodos, como base para la construcción de una herramienta que permite seleccionar las alternativas tecnológicas sostenibles, teniendo en cuenta las características y la calidad de los vertimientos, los usos de la fuente receptora, los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como las características socioeconómicas y culturales de la institución.

**Palabras clave:** Selección tecnologías; tratamiento de aguas residuales.

- 
1. Ingeniera Civil Esp, Universidad del Valle. Docente Tiempo Completo Universidad de Nariño, Categoría Auxiliar, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería. rubycriollo@udenar.edu.co
  2. Ingeniera Civil Universidad de Nariño, integrante Grupo de Investigación Grama, Programa de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería.
  3. Ingeniera Civil Universidad de Nariño, integrante Grupo de Investigación Grama, Programa de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería.
  4. Ingeniero Civil Universidad de Nariño, integrante Grupo de Investigación Grama, Programa de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería.
  5. Ingeniera de Sistemas, Universidad de Nariño, integrante Grupo de Investigación Grama, Programa de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería.

**ABSTRACT**

During the formulation of the cleaning up and dumping management plan in the University of Nariño in Torobajo, it could be established that there are some differences between the municipals and institutional communities. However, it is possible to consider the sewage produced in an institution as domestic one, thus a modification of the “Modelo conceptual de selección de tecnología para el control de contaminación por aguas residuales domésticas SELTAR” is proposed for its application in institutional communities by taking into account the general differences between a municipal and an institutional community. The general schema is developed in a series of blocks composed by: feasibility, prioritization, environmental objectives (level of treatment of sewage) and sludge treatment. This schema is the support for the construction of a tool that allows selecting the best technological sustainable alternative considering the characteristics and the sewage quality, the uses of the source receptor, the costs of investment, operation and maintenance, as well as the socioeconomic and cultural characteristics of the institution.

**Key words:** Technologies selection; sewage treatment.

**INTRODUCCIÓN**

En el desarrollo de la formulación del plan de saneamiento y manejo de vertimientos de la sede Torobajo de la Universidad de Nariño, surge la necesidad de seleccionar la tecnología más adecuada y eficiente para el tratamiento de sus vertimientos; encontrándose que existen varios modelos que facilitan la escogencia de los sistemas de tratamiento más adecuados para poblaciones de carácter municipal, los cuales es necesario adecuar si se requiere su aplicación a otro tipo de poblaciones, como las

institucionales; se plantea entonces modificar el Modelo Conceptual de Selección de Tecnología para el Control de Contaminación por Aguas Residuales Domésticas SELTAR, una herramienta de selección aplicable a municipios con población entre 500 y 30000 habitantes, tomando en cuenta que la caracterización de las aguas residuales de la Universidad de Nariño presentó resultados muy ajustados a las aguas residuales domésticas (ARU débil) como se indica en la tabla 1. Este nuevo Modelo. para la Selección de Tratamiento Biológico para Aguas Residuales Institucionales se ha denominado SETBARI.

**Tabla 1. Comparación de la composición típica de aguas residuales domésticas (ARU) e institucionales**

Parámetro Concentración (mg/l)	METCALF & EDDY, INC			Romero Rojas	Resultados Universidad de Nariño
	ARU débil	ARU media	ARU fuerte		
Sólidos totales	390	720	1230	403	357
DBO <sub>5</sub>	110	190	350	190	100
DQO	250	430	800	382	247
Nitrógeno total	20	40	70		6,45
Fósforo total	4	7	12		1,06
Oxígeno disuelto	0,2	0,1	0	4,26	3,18
Coliformes totales (NMP)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>10</sup>	8,23x10 <sup>6</sup>	793 µs/cm

El objetivo general es proponer una herramienta de selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales institucionales, aplicable a entidades con poblaciones entre 500 y 7000 habitantes, teniendo en cuenta que la selección y jerarquización de las alternativas tecnológicas sostenibles deben considerar aspectos como las características de calidad de los vertimientos, los objetivos de tratamiento, los usos de la fuente receptora, el enfoque de producción más limpia, los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento así como las características socioeconómicas y culturales de la comunidad.

El enfoque que se dio a este nuevo modelo va orientado únicamente hacia un grado de tratamiento primario y/o secundario, comenzando por un grado de tratamiento fácilmente aplicable con áreas adecuadas a las disponibles por instituciones, que generalmente son bajas, considerando las características socioeconómicas de la región y teniendo en cuenta que la infraestructura disponible para el tratamiento de aguas residuales en Colombia tiene un cubrimiento efectivo del 8% de la población,<sup>2</sup> y que Nariño, específicamente el municipio de Pasto está en el segundo puesto en el orden de priorización de impactos ambientales frente al resto del país, con un número de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que se puede considerar bajo o inexistente.<sup>3</sup>

El esquema general de la guía de selección se desarrolla en una serie de bloques: factibilidad y priorización, objetivos ambientales, costos y eficiencia. Los objetivos ambientales se desarrollan en 4 fases principales: aspectos socioculturales, tecnológicos, ambientales y manejo de lodos. Este esquema se constituye en la base para la construcción de una herramienta de programación (software) que permite seleccionar las alternativas tecnológicas sostenibles.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio analítico de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas consideradas en la formulación del modelo Seltar a través de la revisión de la literatura disponible y las características particulares de cada tecnología con respecto a eficiencia, ventajas y desventajas, requerimientos constructivos, de operación y mantenimiento, considerando su aplicación a comunidades institucionales. Se tomaron en cuenta las experiencias en Colombia sobrediferentes alternativas existentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, se evaluó su potencial de aplicación en instituciones y particularmente en la región de influencia de la Universidad de Nariño; así mismo, se consideraron aspectos tales como la compatibilidad operacional entre alternativas, cumplimiento de diferentes niveles de tratamiento, requerimientos de área y normativa aplicable. La validación del modelo se realizó con la selección del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la Universidad de Nariño, sede Torobajo, como proyecto piloto.

### **Factibilidad**

Toma como base la información preliminar, analiza las condiciones de uso del modelo, verifica el tipo de usuario y sus características para así comprobar si el modelo es idóneo para desarrollar el objetivo fundamental del sistema de selección. Esta fase contempla aspectos como tipo de institución (centro educativo, internado, club de campo, cárcel, clínica veterinaria, hospital), existencia de un plan de control de residuos líquidos, el plan de ordenamiento de la cuenca, población, caudal de diseño, dotación y las características del agua residual.

### Priorización

La priorización consiste en categorizar y planear adecuadamente los proyectos de índole sanitaria que se pretenden implantar en la institución, con el propósito de satisfacer necesidades de saneamiento básico, racionalizando los recursos e inversiones, de forma que se garantice la sostenibilidad económica de los proyectos.

### Objetivos ambientales

En los objetivos ambientales se establece el grado de tratamiento requerido y los esquemas de tratamiento primario y secundario de acuerdo con la normatividad vigente, los aspectos socioculturales, ambientales (plan de ordenamiento del recurso, tipo de fuente receptora) y tecnológicos.

La selección del grado de tratamiento es una herramienta útil e importante en el proceso de toma de decisiones, que contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento del agua residual. El modelo de selección de tecnología considera los requerimientos del Decreto 1594,<sup>4</sup> el cual desarrolla los aspectos relacionados con el uso del agua y los residuos líquidos y del RAS 2000,<sup>5</sup> El modelo considera únicamente tratamiento primario y secundario, ya que las condiciones y características de las aguas residuales institucionales permiten el cumplimiento de los requisitos de remoción de 80% en carga tanto de grasas, demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y sólidos suspendidos (SS) con la aplicación, de al menos, un tratamiento secundario,<sup>6,7</sup> incluso si la institución cumple con un plan de control de residuos líquidos.

En el tratamiento primario, los esquemas tecnológicos seleccionados para la base de datos son los mismos que en el modelo Seltar y se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2. Esquemas de tratamiento primario**

Esquema	Tratamiento	
	Preliminar	Primario
P1	Tpr2	S1C
P2	Tpr2	S1A
P3	Tpr1	TS
P4	Tpr1	LA
P5	Tpr1	LAr

**P** Esquema tecnológico para tratamiento primario

**Tpr1** Tratamiento preliminar de rejilla gruesa + rejilla fina

**Tpr2** Tratamiento preliminar de rejilla gruesa + rejilla fina + desarenador

**S1C** Sedimentador primario convencional

**S1A** Sedimentador primario alta tasa

**TS** Tanque séptico

**LA** Laguna anaerobia

**LAr** Laguna anaerobia con revestimiento artificial

De acuerdo con la información del proyecto suministrada por el usuario, el programa descarta las alternativas no viables para cada caso en específico, considerando los siguientes aspectos:

**Socioculturales:** En esta etapa se verifica la disponibilidad de energía, facilidad para la adquisición de materiales de tipo mecánico, eléctrico y destreza operativa del personal.

**Tecnológicos:** Los factores que se analizan son: caudal de diseño ( $Q_D$ ), temperatura ( $T_{ar}$ ), área requerida ( $AR_{TAR}$ ), nivel freático (NF), pendiente promedio ( $S$ ) y permeabilidad ( $P$ ), de acuerdo a la bibliografía revisada.

**Ambientales:** El sistema realiza la evaluación de acuerdo a información suministrada y a la bibliografía revisada para control de olores y vectores.

A continuación el sistema analiza si el usuario tiene hasta el momento una o más alternativas sostenibles, en caso de no poseer alternativas sostenibles el sistema finaliza puesto que según los datos suministrados no es posible encontrar un esquema tecnológico primario adecuado, que cumpla con los requerimientos estipulados para ese caso en particular.

Cuando se dispone de una o más alternativas sostenibles, el sistema muestra en pantalla todas las alternativas filtradas en esta selección, con su respectiva eficiencia y costos de inversión, operación y mantenimiento; entonces el usuario puede elegir la opción que considere apropiada para su institución. Además puede continuar el ciclo de selección de tratamiento secundario.

En el tratamiento secundario los esquemas seleccionados y su nomenclatura son similares a los del modelo Seltar, excepto por el esquema *Tratamiento preliminar + sedimentador primario + laguna facultativa*, donde no se recomienda el tratamiento correspondiente a sedimentador de alta tasa más laguna facultativa con y sin revestimiento, considerando los sedimentadores como tratamiento primario,<sup>8</sup> por cuanto es más fácil aumentar la frecuencia de limpieza de las lagunas (por ejemplo, pasarla de una vez cada cuatro años a una vez cada dos años), que la operación diaria de sedimentadores.

En los tratamientos que contienen filtro percolador (*S4, S5, S12, S13*) se hace diferencia entre filtro percolador de alta tasa y filtro percolador de baja tasa, debido a que tienen características de operación diferentes como carga hidráulica y carga orgánica.<sup>9</sup>

La selección de los esquemas además de respaldarse por el modelo Seltar, también se soporta por la revisión bibliográfica realizada, la cual se detalla para cada una de las cuatro fases y para cada aspecto considerado en cuadros similares al cuadro 1. Una vez escogidas las

alternativas sostenibles el modelo pasa a la siguiente etapa, manejo de lodos.

El tratamiento y disposición eficiente de los fangos de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere conocer las características de los sólidos y el lodo a procesar, la aptitud de los sistemas de tratamiento y la accesibilidad a las opciones de disposición final, para luego someterlos a determinados procesos que reducirán su facultad de fermentación y su volumen. Los esquemas y la nomenclatura considerados para la base de datos en cuanto al manejo de lodos, son los mismos que en el modelo Seltar.

Por otra parte, una vez el usuario escoja la alternativa más adecuada de las sostenibles que descarga el modelo para tratamiento de aguas residuales, el modelo busca una solución acorde al manejo de los lodos, para esto, se inicia una selección en función de la clase de lodo producido por los esquemas de tratamiento sostenibles, por lo tanto, si los esquemas seleccionados son *P1, P2, S1, S4, S5, S9, S10, S14, S15, S20, S21*, el sistema los cataloga como lodos crudos, debido a que la mayoría de estos sistemas posee sedimentador primario, dado que en sedimentadores primarios predomina la producción de lodo de este tipo, únicamente el esquema *S10* que contiene un reactor de lodos activados tipo secuencial por tandas puede considerarse de carácter singular debido a que en este sistema se desarrollan varias etapas en un mismo tanque, entre ellas la sedimentación, por lo cual puede catalogarse como un sistema que carece de digestión completa y por tanto su lodo debe tener un tratamiento especial para alcanzar una adecuada digestión, ya que provienen de sistemas donde el lodo producido no ha alcanzado una apropiada estabilización.

Si se tratase de alguno de los esquemas que no se mencionan en el párrafo anterior, el sistema asume que se trata de un lodo estabilizado, es

decir digerido, el cual puede pasar directamente al proceso de secado.

Una vez se eliminan los sistemas según el tipo de lodo producido por el tratamiento de aguas residuales, la selección del sistema

adecuado para determinado problema, se hace considerando aspectos socioculturales, tecnológicos y ambientales de la misma forma que el tratamiento primario y secundario. La literatura revisada es reportada en cuadros de información bibliográfica (cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamiento primario. Soporte bibliográfico producción de lodos, costos y eficiencia**

Nº	Producción de lodos		Costos			Eficiencia (%)			
	Tipo	Cantidad	Inversión	Op. y Mto.	SS Min	SS Max	DBO <sub>5</sub> Min	DBO <sub>5</sub> Max	
P1	<b>Crudo</b> (11) p.757-758 (1) B.7.1.1	<b>Alto</b> (12) p.258	Bajo (1)	Bajo (1)	50	69	30	43	
P2	<b>Crudo</b> (11) p.757-758 (1) B.7.1.1	<b>Alto</b> (12) p.258	Bajo (1)	Bajo (1)	50	96	30	43	
P3	<b>Digerido</b> (12) p.122 (1) B.7.1.1	Baja (1)	<b>Bajo</b> (13) p.54, (14)p.2	<b>Bajo</b> (13) p.54, (14)p.2	50	70	30	50	
P4	<b>Digerido</b> (11)p 760 (1) B.7.1.1	<b>Baja</b> (15) p.50	<b>Bajo</b> (13) p.54, (15) p.48 (16) p.528	<b>Bajo</b> (13) p.54 (15) p.48,51	20	60	50	70	
P5	<b>Digerido</b> (11) p 760 (1) B.7.1.1	<b>Baja</b> (15) p.50	<b>Medio</b> (13) p.54, (15) p.48 (16) p.528	<b>Bajo</b> (13) p.54 (15) p.48,51	20	60	50	70	

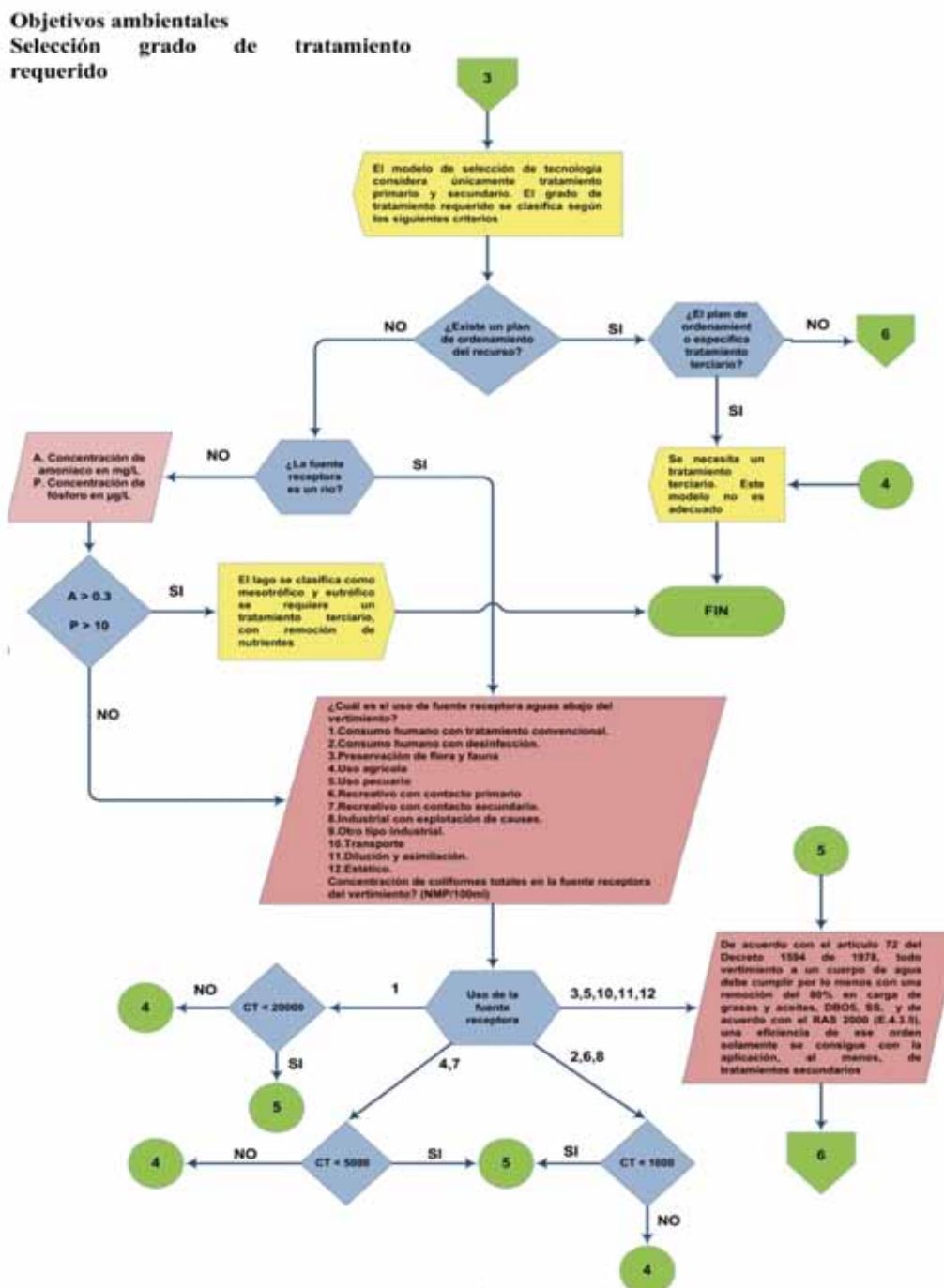
P. Esquema tecnológico para tratamiento primario (Tabla 2)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el modelo planteado y para facilitar la selección de la tecnología aplicando el modelo Setbari se programó el diagrama de flujo desarrollado (Figura 1), en un código de

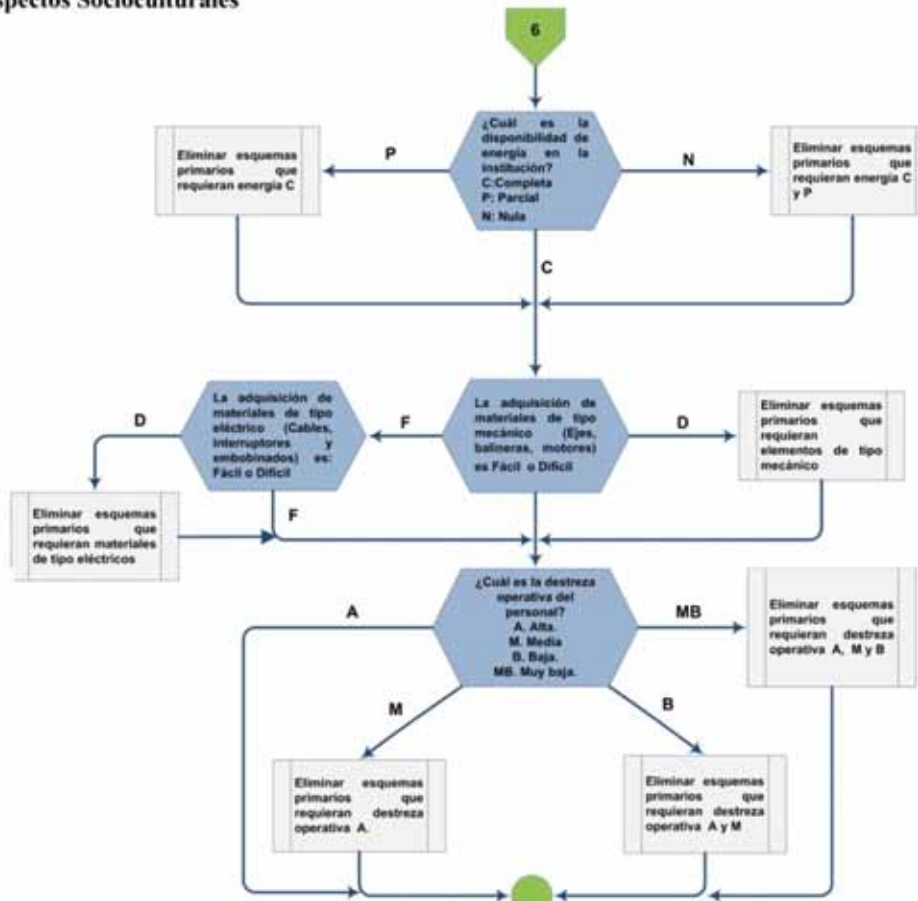
programación usando Borland C y SQL Server donde se organizó la base de datos (tablas de selección). Con este programa de computación se pretende que el usuario tenga acceso al modelo sin tener que leer y entender paso a paso la metodología y así evitar cometer errores en su uso, además de agilizar la selección.

Figura 1. Diagrama de Flujo Modelo elección de tratamiento biológico para aguas residuales institucionales\*

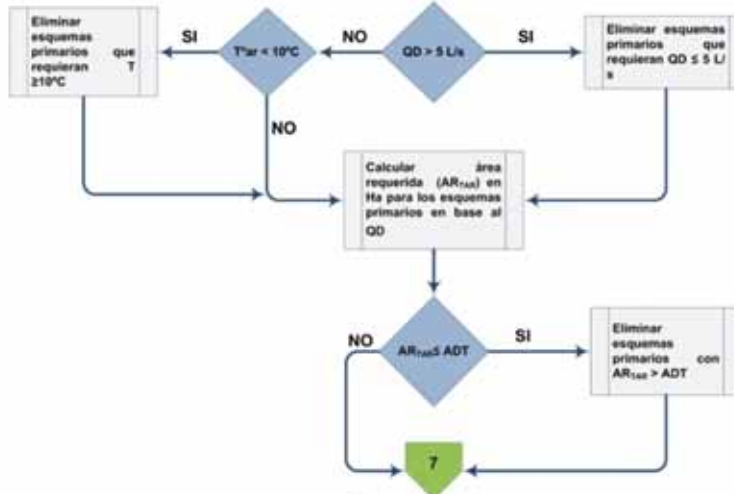


\*. Con el propósito de resumir los esquemas, el diagrama de flujo comienza con la selección del grado de tratamiento (3).

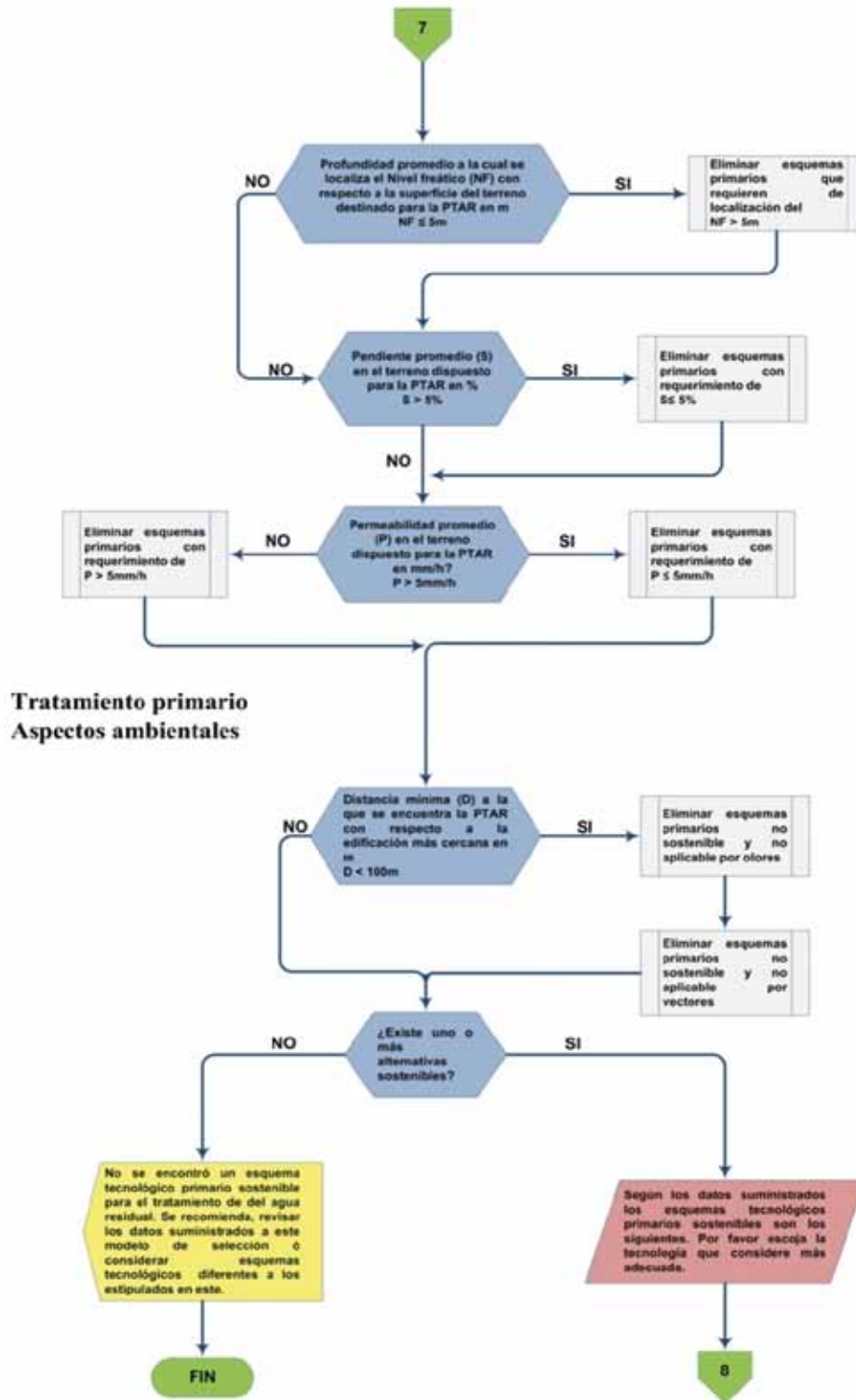
**Tratamiento primario**  
**Aspectos Socioculturales**



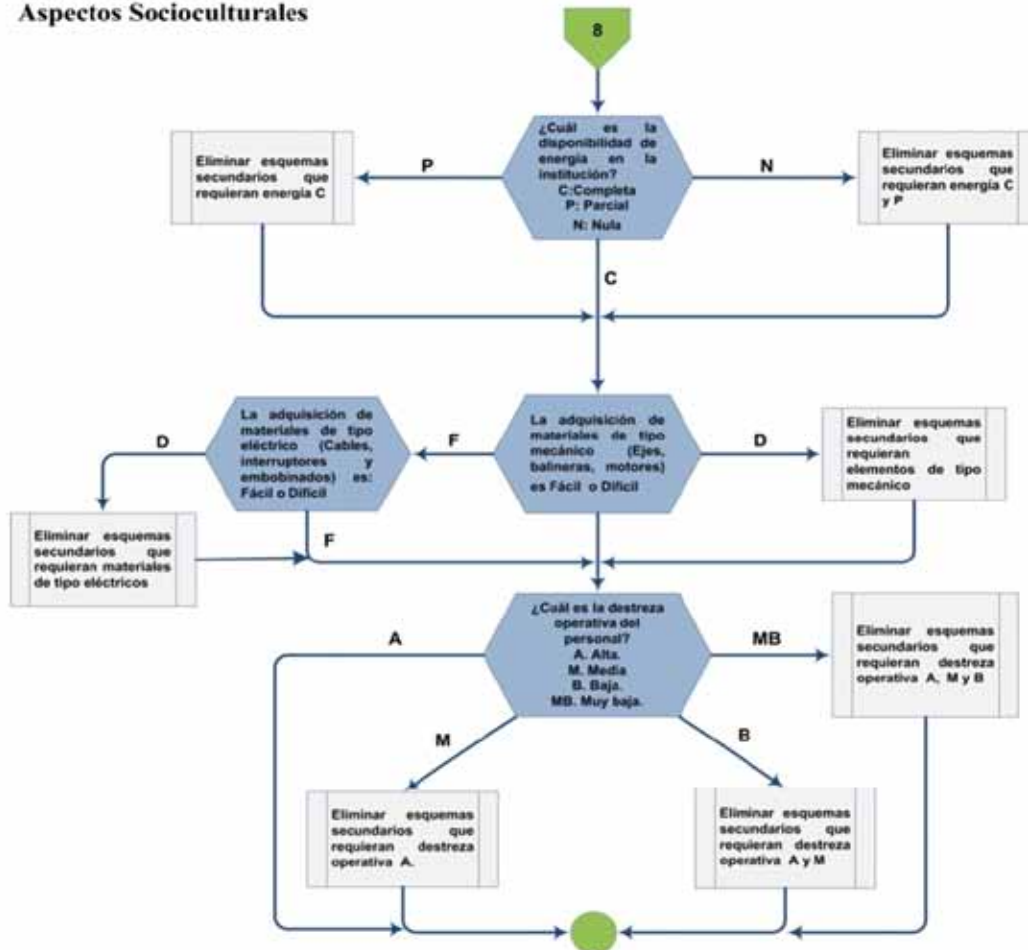
**Tratamiento primario**  
**Aspectos tecnológicos**



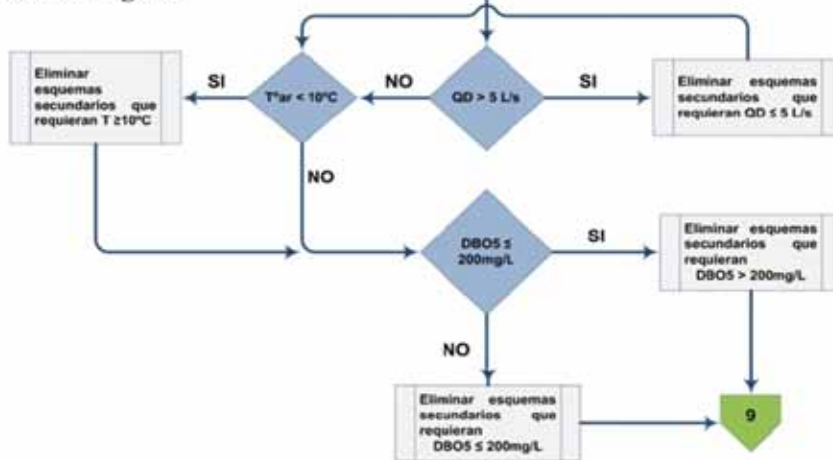




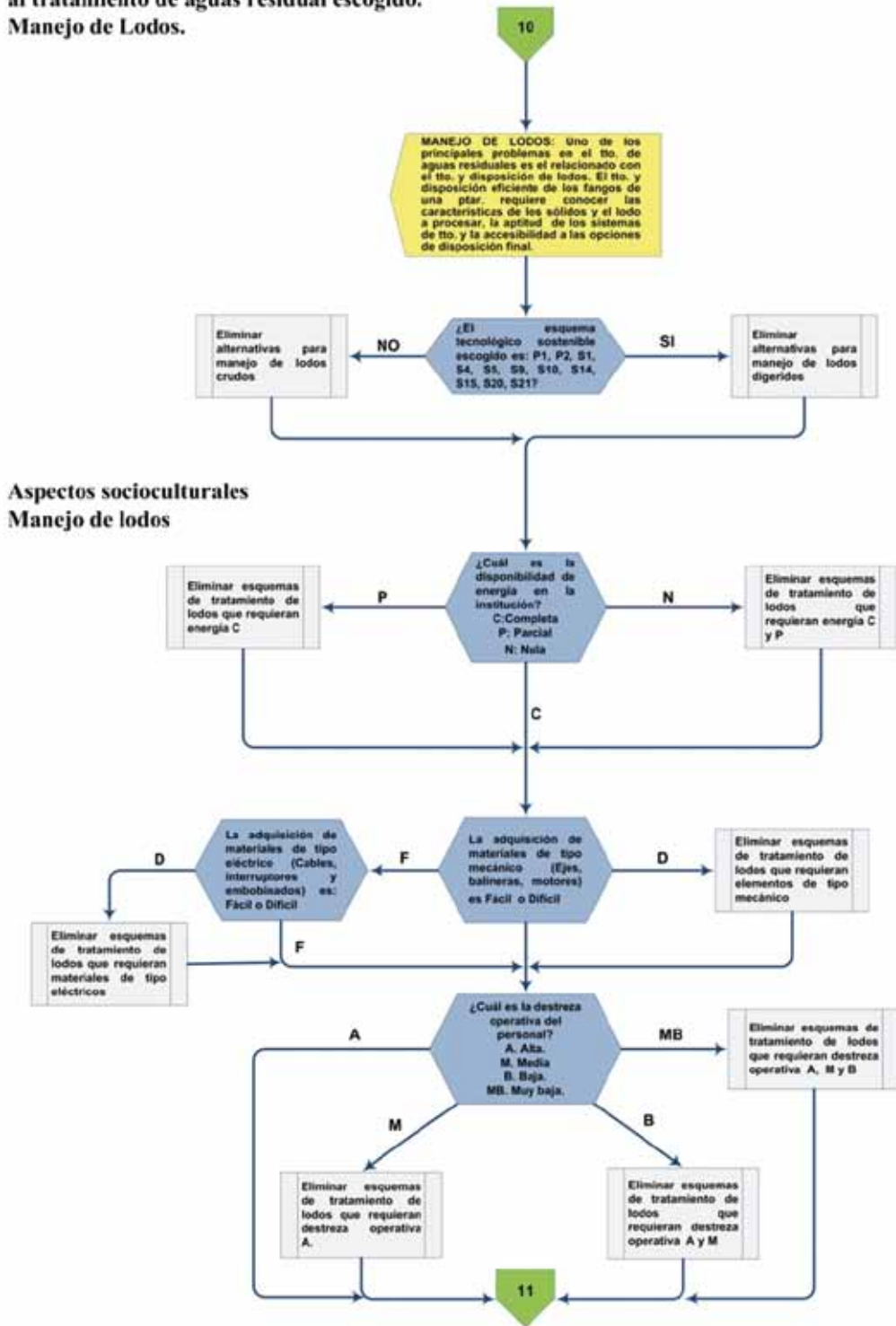
**Tratamiento secundario  
Aspectos Socioculturales**



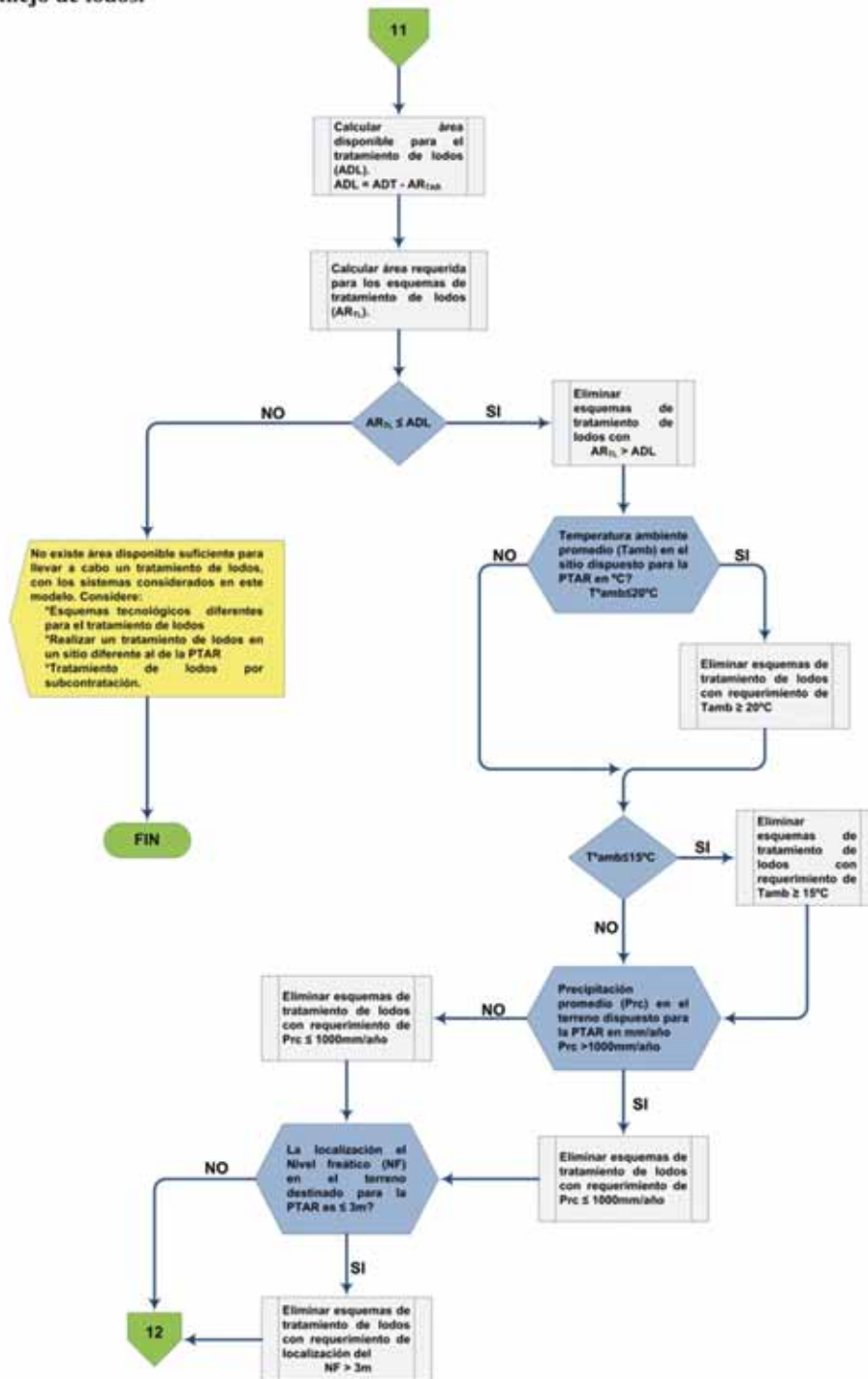
**Tratamiento secundario  
Aspectos tecnológicos**

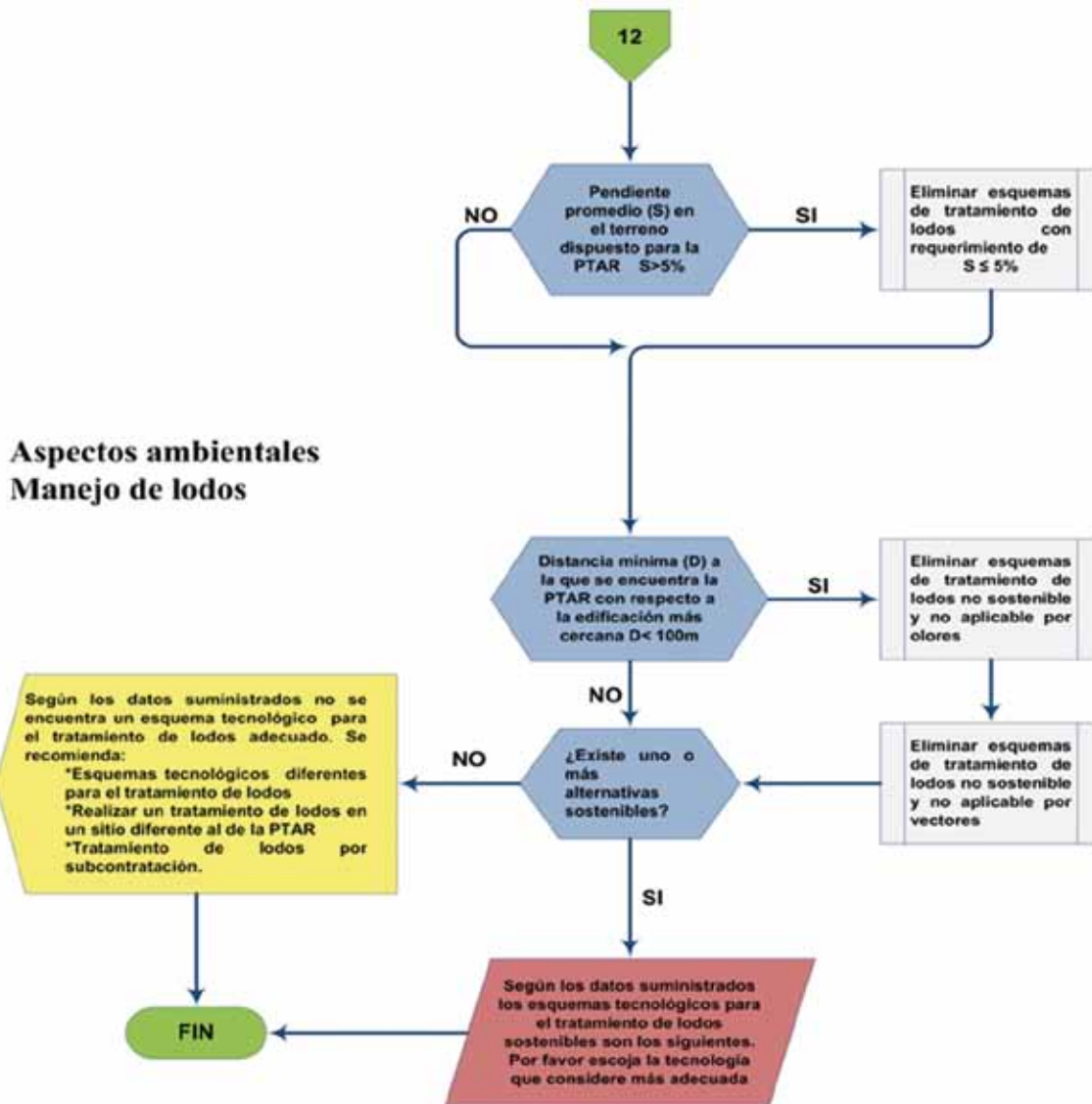


**Entrada al sistema de acuerdo al tratamiento de aguas residual escogido. Manejo de Lodos.**



Aspectos tecnológicos  
Manejo de lodos.





El modelo fue aplicado a la formulación del plan de saneamiento y manejo de vertimientos de la Universidad de Nariño, con base en los términos de referencia expedidos por la autoridad ambiental Corponariño, el Plan de Ordenamiento

y Manejo de la Cuenca del río Pasto,<sup>10</sup> y el Plan de Desarrollo de la Universidad de Nariño.<sup>11</sup> Una vez ejecutadas las fases de factibilidad y priorización del proyecto, la aplicación del modelo generó las alternativas sostenibles relacionadas en la tabla 3.

**Tabla 3. Alternativas sostenibles, costos medios y bajos**

Alternativa	Esquemas tecnológicos	Costo	
		Inversión	Operación y mantenimiento
S2	Rejilla gruesa, rejilla fina, tanque séptico, filtro anaerobio	Bajo	Bajo
S4	Rejilla gruesa, rejilla fina, desarenador, sedimentador primario convencional, filtro percolador baja tasa, sedimentador secundario	Medio	Medio
S12	Rejilla gruesa, rejilla fina, desarenador, reactor UASB, filtro percolador baja tasa, sedimentador secundario	Medio	Medio

Instituciones de educación superior, como la Universidad de Nariño, cuentan con laboratorios especializados donde se utilizan diversas clases de sustancias químicas que pueden ser altamente contaminantes si se disponen conjuntamente con el agua residual doméstica, e interferir en los tratamientos propuestos que en su mayoría incluyen procesos biológicos, o requerir un tratamiento especial, además de generar en el agua residual características similares a los residuos líquidos industriales; sin embargo en la Universidad de Nariño, como en la mayoría de este tipo de instituciones, se han implementado procesos de tratamiento distintos para las sustancias consideradas de interés sanitario de acuerdo con el decreto 1594 de 1984, que consisten en almacenamiento de las sustancias hasta su neutralización o recuperación y reutilización de dichas sustancias de interés sanitario.

En cuanto a la producción de lodos, considerando que un sistema de tratamiento de aguas residuales que produzca lodos crudos necesitaría tecnología más compleja y una mayor cantidad de procesos para el tratamiento de estos subproductos, aumentando así el área requerida para su implementación, se óptó por seleccionar las alternativas de tratamiento cuyos procesos producen lodos digeridos.

Por otra parte, para cumplir con el objetivo de usar la PTAR como medio de investigación, que permita avanzar en el conocimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, la alternativa que se selecciona es la S12, la cual permite trabajar con el reactor UASB y con el filtro percolador, el primero es un proceso empírico al cual le falta mucha investigación sobre todo con respecto a su uso en aguas residuales domésticas con baja carga; a diferencia de la alternativa S2 con tanque séptico y filtro anaerobio, que es un sistema estudiado con anterioridad, en varias tesis desarrolladas en la Universidad.

Para la selección de la alternativa adecuada para manejo de lodos, se consideraron los mismos aspectos de la escogencia de la tecnología para el tratamiento de aguas residuales; los resultados se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Alternativas sostenibles respecto a producción de lodos**

Alternativa	Producción de lodos	
	Tipo	Cantidad
S2	Digerido	Baja
S12	Digerido	Baja

## CONCLUSIONES

El modelo Seltar es un esquema para seleccionar una tecnología adecuada para pequeños municipios donde el agua residual es urbana, a pesar de que este modelo puede ser aplicado a instituciones, según Corponariño, es necesario considerar algunas modificaciones, de acuerdo con las diferencias entre sistemas centralizados y descentralizados (municipio e institución), como: uso del agua, características del agua y disposición final del agua, por ello se desarrolló el modelo Setbari enfocado a instituciones, que selecciona el grado y tipo de tratamiento de acuerdo al decreto 1594 de 1984,<sup>5</sup> norma RAS 2000,<sup>6</sup> y diferentes investigaciones sobre el tema.

Un modelo de selección de tratamiento de agua residual enfocado hacia instituciones puede incentivar el tratamiento de estas aguas en sistemas descentralizados, que en ocasiones resulta más económico que transportar el agua hacia plantas centralizadas, además de la disminución de la tasa retributiva.

La creación de un software para la selección de una alternativa adecuada de tratamiento de agua residual, facilitará las labores de selección además de que minimiza los errores que se pueden cometer al descartar alternativas.

## RECOMENDACIONES

El modelo SetBari también puede ser aplicado a sistemas descentralizados como: conjuntos habitacionales, comunidades aisladas, industrias o instituciones, siempre y cuando el diseñador aplique el modelo, conociendo sus restricciones y limitaciones.

El tratamiento de tipo primario solo se debe llevar a cabo si el plan de ordenamiento del recurso así lo permite o cuando la autoridad ambiental permita remociones menores del 80% en carga de grasas, DBO<sub>5</sub> y SS.

El tratamiento de tipo secundario solo se debe llevar a cabo si el plan de ordenamiento del recurso así lo considere o cuando la fuente receptora sea un río y su uso no sea de contacto o consumo humano o si es un lago y la cantidad de fósforo de la fuente receptora no sobrepasa los 10mg/l, ya que de otra forma se causarían problemas de eutrofización. De lo contrario, el grado de tratamiento necesario es terciario.

## REFERENCIAS

1. Convenio IDEAM - UTP - CINARA. Modelo conceptual de selección de tecnología para el control de contaminación por aguas residuales domésticas SELTAR. Santiago de Cali: CINARA, 2005
2. Ministerio del Medio Ambiente, Universidad de los Andes. (2002). Inventario Nacional del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. Tomos I Y II. Santa Fe de Bogotá
3. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales en Colombia, Santafé de Bogotá 2004, [hppt://www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)
4. Ministerio de Salud. Decreto 1594 de 1984. Santa Fe de Bogotá: Diario Oficial No. 38700, 1984
5. Ministerio de Desarrollo. Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. Santa Fe de Bogotá: Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2002
6. Ibidem.
7. Metcalf & Eddy, Inc. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización. México: Ed. Mac Graw Hill, 1996
8. CEPIS. Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales. Perú: Programa de protección de salud ambiental, 1985
9. Ministerio de Desarrollo. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000. Bogotá: Dirección general de agua potable y saneamiento básico, 2002, Tabla E.4.20
10. Corponariño. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pasto. San Juan de Pasto: Subdirección de recursos naturales. Área de cuencas hidrográficas, 2000
11. Universidad de Nariño, Plan Marco de Desarrollo Institucional Universitario, 1998