

# Analisis comparativo de diseño de reactores UASB, entre el RAS 2000 y la resolución 0330 del 2017

## Comparative analysis of uasb reactor design, between RAS 2000 and resolution 0330 2017

DOI: 10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.03

Artículo. Fecha de Recepción: 05/30/2019. Fecha de Aceptación: 08/29/2019.

**Luis Andres Hernández Sanabria**

Universidad de la Costa, Barranquilla (Colombia)  
andreshernandez0004@gmail.com

Para citar este artículo:

Hernández, L. (2019). Analisis comparativo de diseño de reactores uasb, entre el RAS 2000 y la resolución 0330 del 2017 , *MODULO ARQUITECTURA CUC*, vol. 23, no. 1, pp. 39-48, 2019. DOI: <http://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.03>

### *Resumen*

*En* el presente artículo se busca comparar dos formas de diseño de Reactores UASB que se usan en Colombia. El primero es el más utilizado y es la forma clásica, con las recomendaciones y parámetros que dicta el RAS 2000. El segundo método es el actual y vigente que viene dado en la Resolución 0330 del 2017. Se realiza el cálculo de cuatro caudales de diseño por cada método de diseño, luego se sacan los costos de inversión aproximados y se analizan los datos. Finalmente, se concluye que la Resolución 0330 del 2017, va en contra del principio de diseño optimo y la buena destinación de los recursos. Este cambio de la forma de calcular el caudal de diseño genero un incremento presupuestal en los proyectos de saneamiento básico que se quedaron inmersos en la transición de la Norma y en los que están por venir.

*Palabras clave:* Agua residual; Reactor UASB

### *Abstract*

*This* article seeks to compare two forms of design of UASB reactors used in Colombia. The first is the most widely used and is the classic form, with the recommendations and parameters dictated by RAS 2000. The second method is present and current that is given in resolution 0330 of 2017. The calculation of four design flows is made by each design method, then the approximate investment costs are taken out and the data is analyzed. Finally, it is concluded that resolution 0330 of 2017, goes against the principle of optimal design and the good destination of resources. This change in the way of calculating the flow of design generated a budget increase in the basic sanitation projects that were immersed in the transition of the norm and those that are to come.

*Keywords:* Wastewater; UASB Reactor

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se busca comparar dos formas de diseño de Reactores UASB que se usan en Colombia. El primero es el más utilizado en el sector Privado y es la forma clásica, con las recomendaciones y parámetros que dicta el RAS 2000. El segundo método es el actual y vigente de la resolución 0330 (2017).

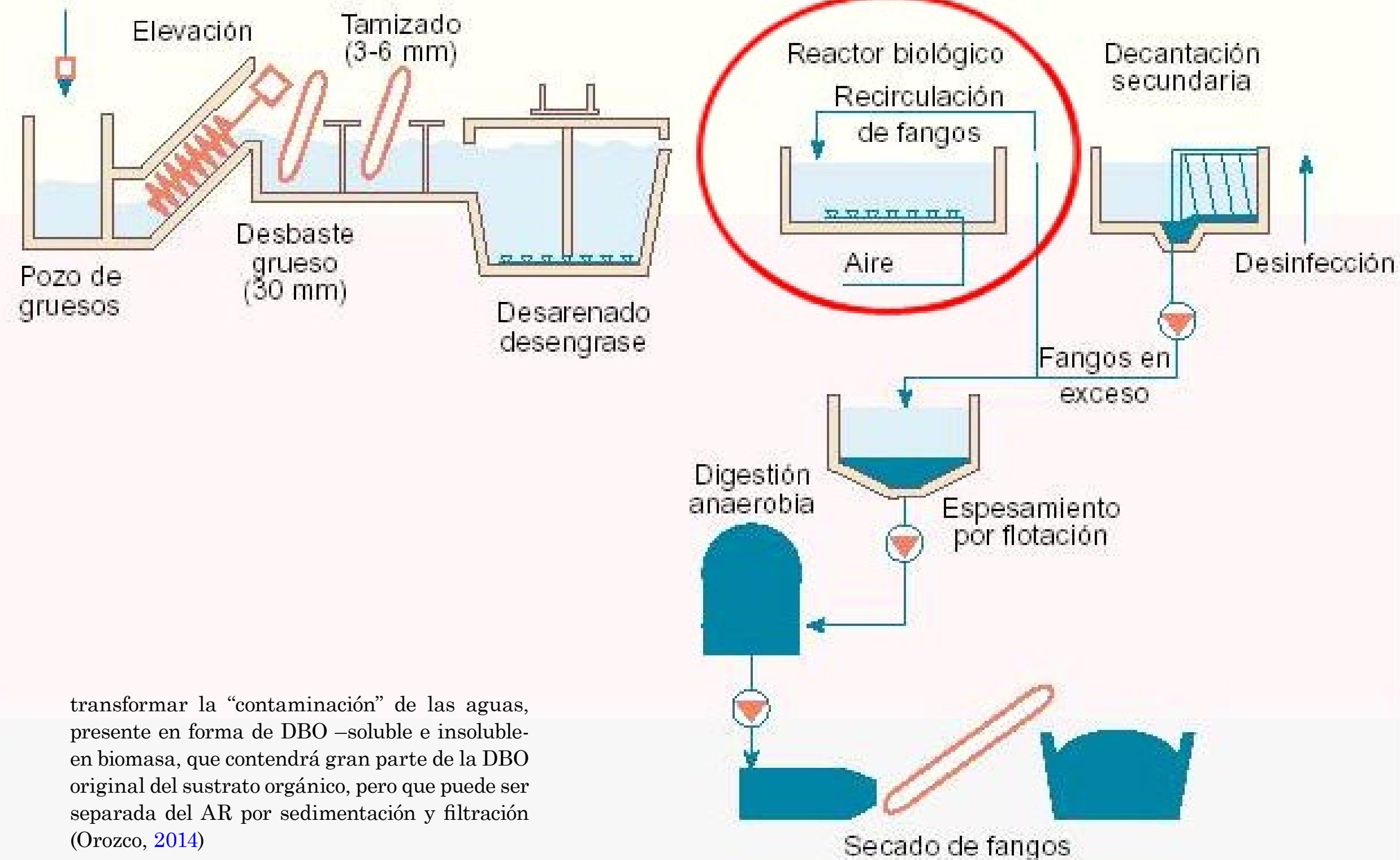
El Reactor UASB es un tratamiento biológico en donde la biomasa (medio activo) se encuentra suspendida en el agua residual (sustrato); en donde existe una relación entre las bacterias y el alimento y a esto se le llama licor mixto (LM) (Romero, 1999)

Los Reactores UASB hacen parte de la primera fase de tratamiento de las aguas residuales. Es un sistema de tratamiento natural y controlable, pues la biomasa se encuentra concentrada y es sensible al cambio del medio por parámetros como la Temperatura, Caudal, DQO, DBO y químicos.

Para el diseño de reactores se dispone de varios parámetros, de los cuales se pueden resaltar los siguientes: S/X (relación alimento/ biomasa), carga orgánica (F/M), edad de lodos ( $\theta_c$ ) y el tiempo de retención (tr).

Las Plantas de tratamiento están dirigidas a transformar el sustrato orgánico soluble e insoluble, en forma coloidal o suspendida en sólidos biológicos floculentos, que pueden ser asentados y de este modo separados del agua que contaminan por medio de los procesos convencionales de sedimentación. En otras palabras, se pretende

**Figura 1.** Esquema Típico de una Planta de Aguas Residuales.  
Fuente: Autores.



## METODOLOGÍA

Basados en el principio de diseño óptimo y la buena destinación de los recursos, se pretende comparar dos métodos de cálculo para el diseño de los Reactores UASB. El primer método es el contemplado en la vieja Norma RAS y el segundo, es el contemplado en la actual y vigente Resolución 0330 (2017).

1. Como punto de partida se tomarán Cuatro Poblaciones según la anterior clasificación por niveles de complejidad del RAS 2000 (Tabla 1).

TABLA 1.  
*Poblaciones asumidas para base de cálculos.*

Nivel	Población (habitantes)
Bajo	2,000
Medio	10,000
Medio Alto	50,000
Alto	500,000

Fuente: Autores.

2. Luego asumo una base de 300hab/ha (habitantes por hectáreas), para poder tener un área aferente que servirá para estimar un caudal de infiltración que le llegara al Reactor.

Las infiltraciones asumidas en el Método 1 (Ras 2000) se tomaba normalmente de 0.2 L/s/ha afectado por un factor del 50%; es decir, solo la mitad de las infiltraciones van a entrar al Reactor. Con esto da como resultado una infiltración de 0.1 L/s/ha.

Las infiltraciones asumidas en el Método 2, ya es fija y se consideran de 0.1L/s/ha. (Ministerio de Vivienda, 2017)

3. Luego se necesita calcular el Caudal medio diario. Este caudal representa el agua residual generada por los habitantes de la población, afectado por un coeficiente de retorno.

$$n = \frac{Z_a^2 * p * q}{d^2}$$

C: Dotación 140 L/hab/día

P: Población de diseño

R: Coeficiente de retorno (0,85).

El caudal medio es la base para calcular el caudal de diseño de Reactor. A continuación, se expresan las fórmulas de cada método:

Método 1 (Ras 2000)

$$QD1 = Qmd + 0.1A$$

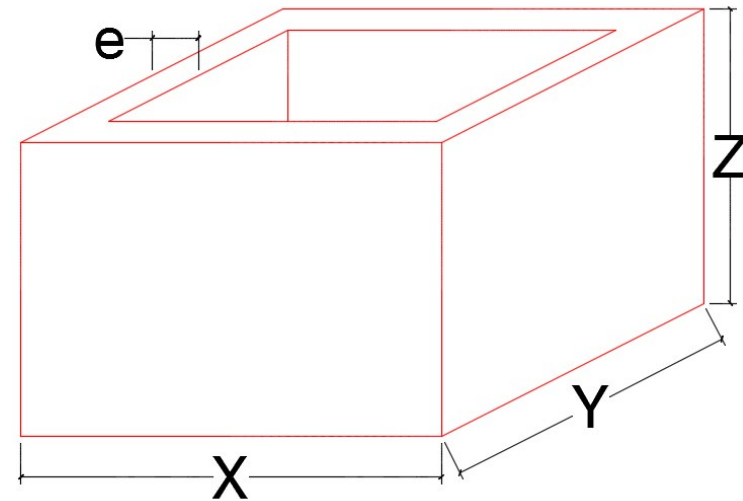
Método 2 (Res 0330/2017)

$$QD2 = Qmd \times FMM + 0.1A$$

Se puede apreciar en las formulas anteriores, el método 2 (el actual vigente); de entrada, ya resulta siendo mayor, pues el caudal medio está siendo afectado por un factor de mayoración que siempre será mayor a 1. (Resolución 0330, 2017, art. 166). Así se calculará el caudal de diseño para cada una de las poblaciones asumidas en el paso 1.

4. Se calculan los volúmenes requeridos del reactor para cada población de diseño, a partir del principal parámetro que es de tiempo de retención (mínimo: 6 horas). Con este se obtienen cuatro volúmenes para el método 1 y cuatro para el método 2.
5. Ahora se procederá a sacar sus posibles costos de Construcción de manera general. Solo se tendrá en cuenta la cantidad de concreto ( $m^3$ ) y acero (kg) aproximado requerido para un tanque de forma rectangular, de lados iguales y una altura fija de 4m. También se asume un espesor de muro  $e = 0.40m$  y una cuantía para el acero de  $120 Kg/m^3$  para sacar los costos de inversión (Figura 2).
6. Se comparan los caudales de diseño de los Reactores entre los dos métodos.
7. Se comparan los volúmenes requeridos para el diseño de los Reactores entre los dos métodos.

8. Se comparan los costos aproximados de los Reactores entre los dos métodos.
9. Se estima el sobrecosto y sobredimensionamiento aproximado entre los dos métodos.



**Figura 2.** Esquema del volumen del tanque.

Fuente: Autores.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

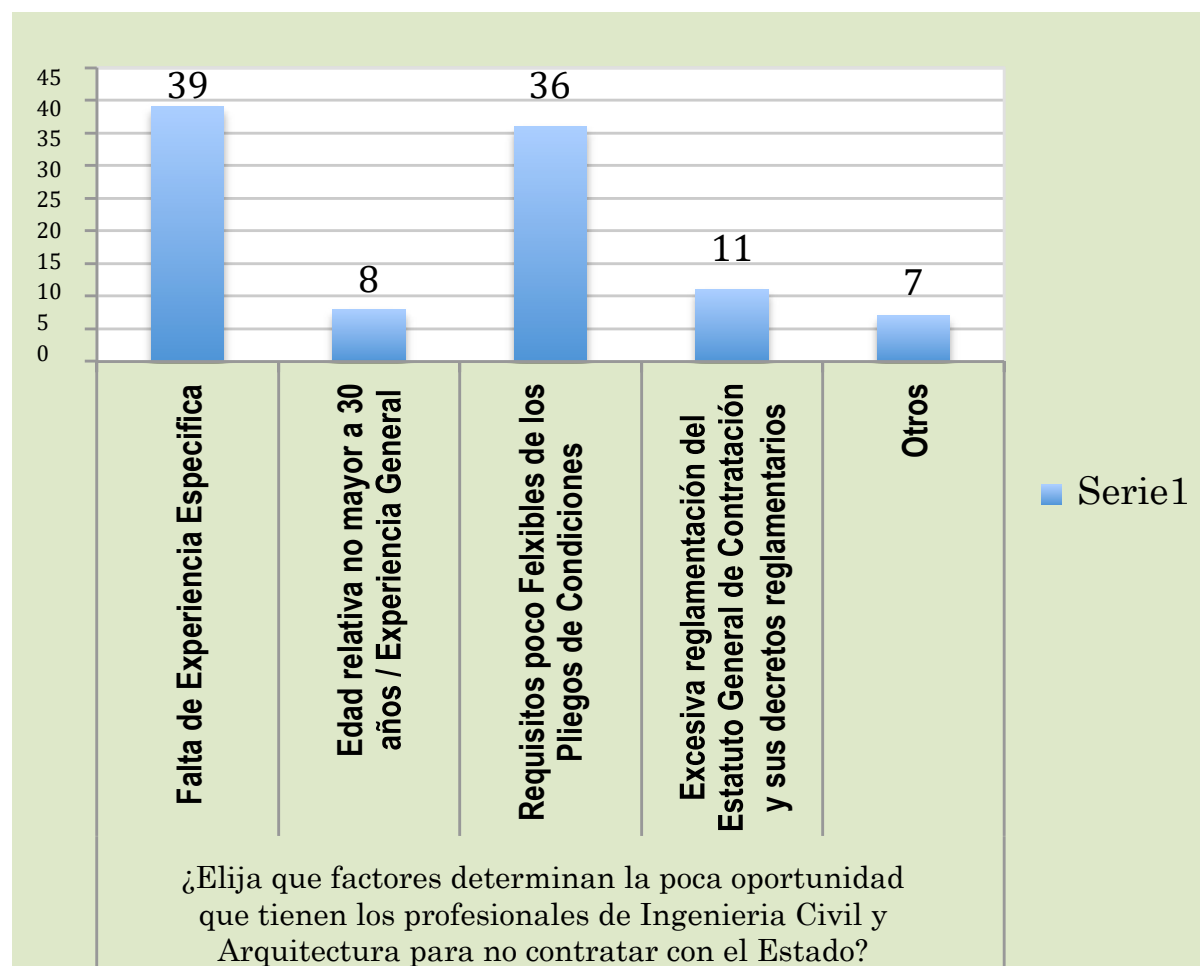
**TABLA 2**

*Caudales de diseño de los dos métodos.*

Nivel	Población	Area	Qmd	FMM	Q diseño RAS 2000	Q diseño Res. 0330/2017
					QD1	QD2
	hab	ha	L/s		L/s	L/s
Bajo	2,000	6,7	2,8	1,7	3,4	5,3
Medio	10,000	33,3	13,8	1,69	17	27
Medio Alto	50,000	166,7	68,9	1,55	86	124
Alto	500,000	1666,7	688,7	1,51	855	1203

Fuente: Autores.

1. En la Tabla 2 se muestra el cálculo del caudal medio que sirve de base para calcular los caudales de diseño de los dos métodos. El Factor de Mayoración FMM, solo se usa para el calcular el QD2 (Q diseño Res. 03330/2017).
2. Como se esperaba desde la metodología el caudal de diseño para la nueva resolución vigente es mucho mayor ahora que antes del 2017 (Figura 3).
3. Entre los dos métodos de cálculo se identifica que con el método de la nueva resolución se estiman caudales mayorados con factores desde 1.4 hasta 1.6.
4. La nueva metodología de cálculo de caudales que exige la nueva resolución se ve muy afectado por el factor de Mayoración (Factor de Mayoración para calcular el caudal máximo mensual); ya que varía desde 1.5 hasta 1.7, lo que provoca sobredimensionamientos del Reactor.



**Figura 3.** Caudales Medios de Diseño vs Nivel de Complejidad.

Fuente: Autores.

TABLA 3.  
Cantidades y Costos estimados Método 1. RAS 2000.

Q diseño RAS 2000		Rx	Concreto	Acero	Concreto	Acero	Concreto
QD1	QD1	Vol	Total	Total	\$ 800.000	\$ 3.500	Total
L/s	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg	\$	\$	\$
3,4	12,3	73,3	40,5	4858	\$32.387.200	\$17.003.280	\$49.390.480
17,1	61,6	369,5	108,7	13049	\$86.992.000	\$45.670.800	\$132.662.800
85,5	307,9	1847,5	339,1	40689	\$271.260.800	\$142.411.920	\$413.672.720
855,3	3079,2	18475,0	2331,1	279736	\$1.864.908.800	\$979.077.120	\$2.843.985.920

Fuente: Autores.

TABLA 4.  
Cantidades y Costos estimados Método 2. Res. 0330/2017.

Q diseño Res 0330/207		Rx	Concreto	Acero	Concreto	Acero	Concreto
QD2	QD2	Vol	Total	Total	\$ 800.000	\$ 3.500	Total
L/s	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg	\$	\$	\$
5,3	19,3	115,6	52,5	6300	\$41.996.800	\$22.048.320	\$64.045.120
26,6	95,8	574,9	144,9	17388	\$115.916.800	\$60.856.320	\$176.773.120
123,6	445,0	2669,8	453,5	54417	\$362.780.800	\$190.459.920	\$553.240.720
1203,5	4332,6	25995,5	3175,9	381113	\$2.540.752.000	\$1.333.894.800	\$3.874.646.800

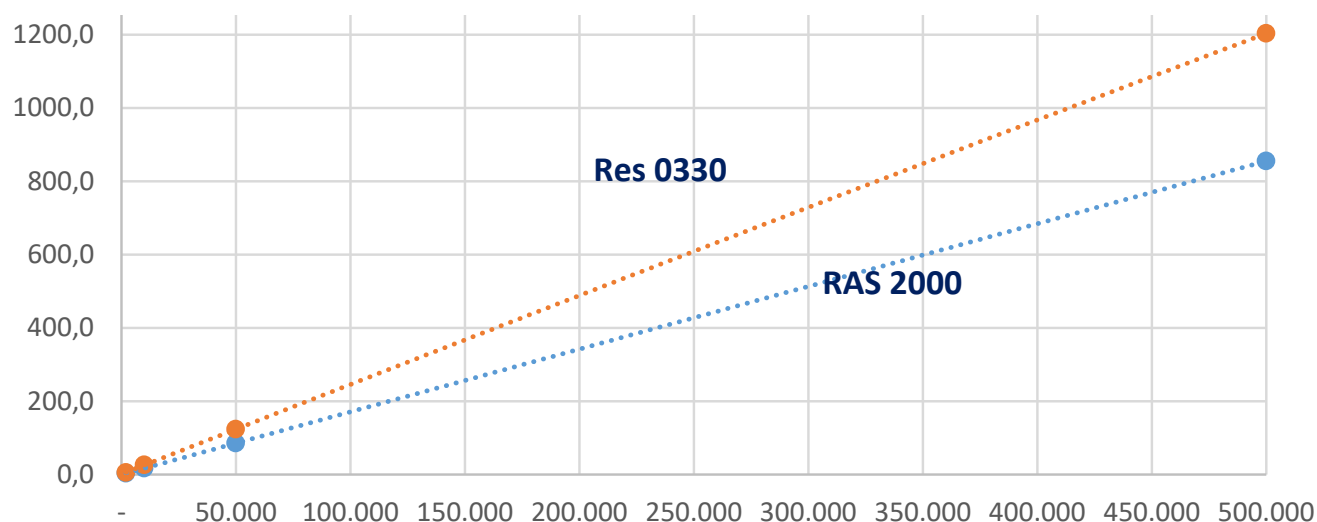
Fuente: Autores.

- En las Tabla 3 y Tabla 4 se muestra el cálculo de las cantidades de concreto y acero para cada método y su correspondiente costo por caudal de diseño. Se asumió un costo de \$800.000 por metro cubico de concreto y un costo de \$3.500 para el acero, para estimar los costos de cada diseño.
- En la Figura 4, se puede apreciar como la línea de tendencia de cada método de cálculo del caudal de diseño se van separando cada vez más a medida que se incrementa la Población de diseño.
- En la Figura 5, al igual que en la anterior gráfica, se aprecia como el volumen requerido para el reactor se va incrementando a medida que aumenta la Población de diseño.
- En la Figura 6, se aprecia como los costos de inversión se van separando a medida que aumenta la Población y se nota como la línea



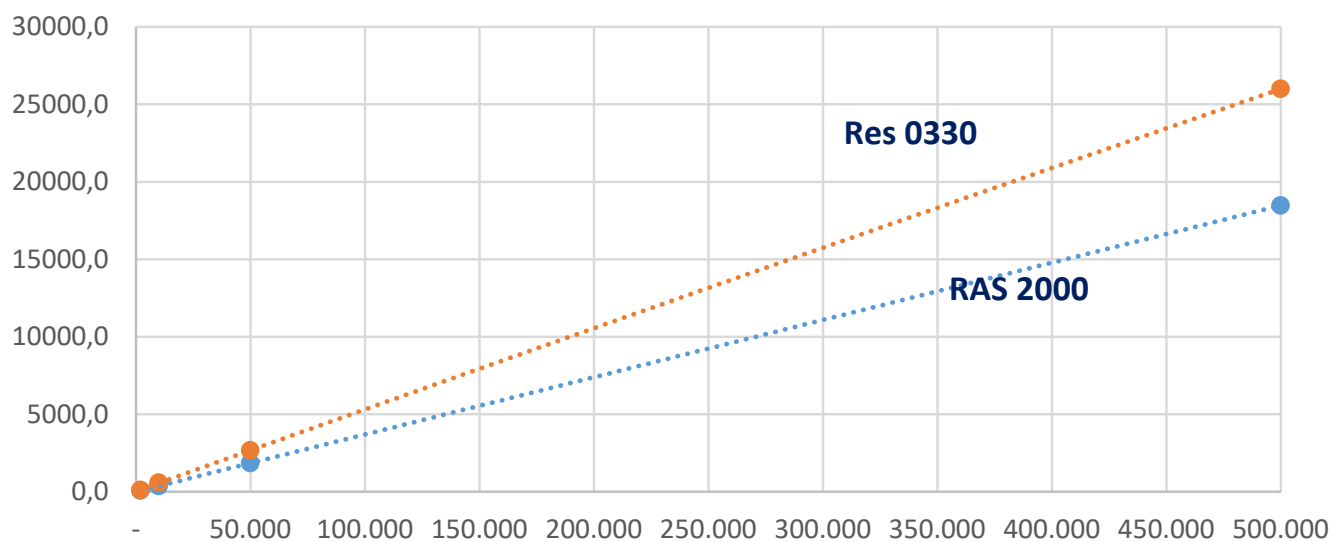
de tendencia al llegar a grandes poblaciones de niveles de complejidad Alta, empieza a disminuir su pendiente y los costos de inversión crecen con menor intensidad que en niveles de complejidad más bajas.

9. Los costos del reactor son mayores con la nueva resolución del 2017. Se evidencia sobrecostos que van desde 1.30 veces hasta 1.36 veces el valor a comparación de la antigua norma (RAS 2000) (Figura 7).



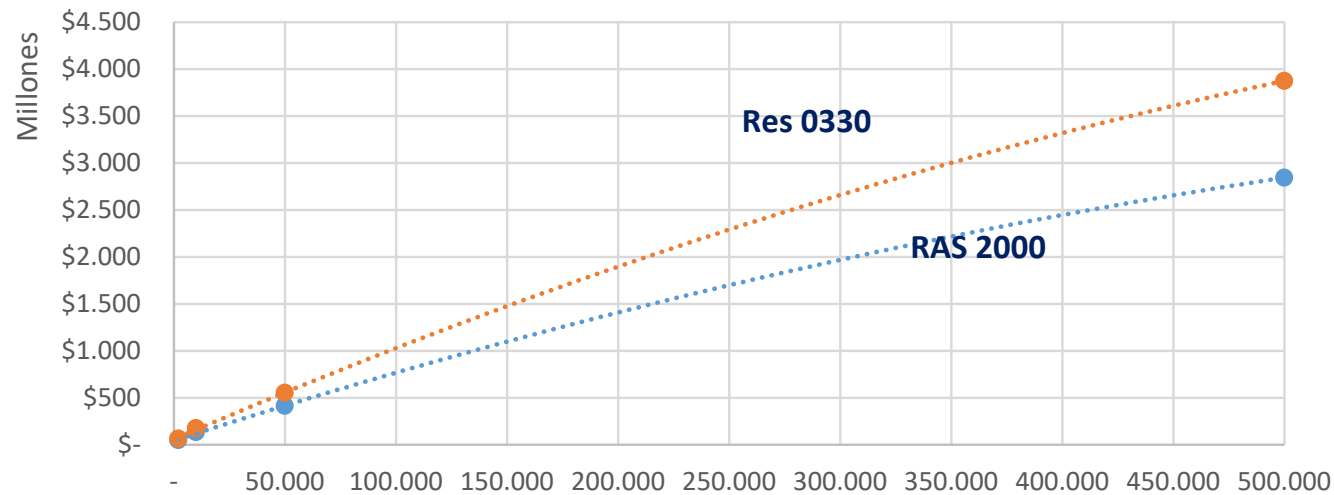
**Figura 4. Población vs Caudal.**

Fuente: Autores.



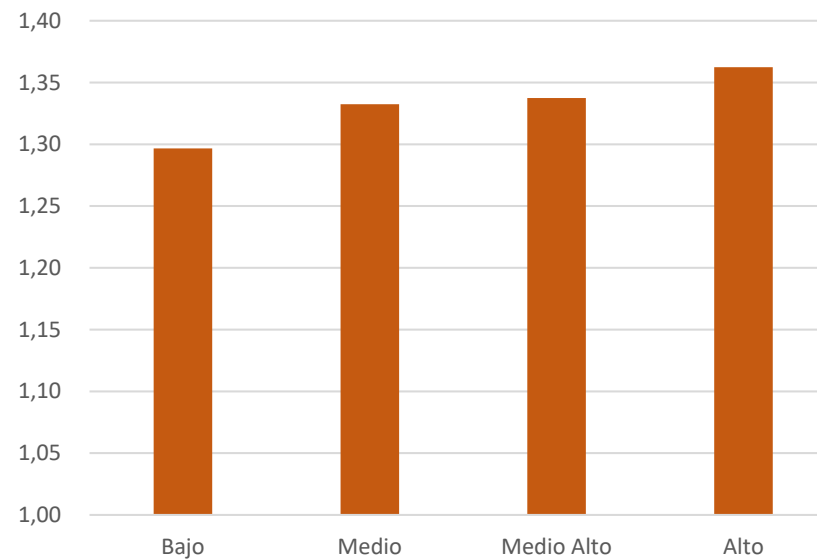
**Figura 5. Población vs Volumen Reactor.**

Fuente: Autores.



**Figura 6. Población vs Inversión.**

Fuente: Autores.



**Figura 7. Sobrecostos según Nivel de Complejidad.**

Fuente: Autores.

## CONCLUSIONES

La Resolución 0330 (2017), va en contra del principio de diseño óptimo y la buena destinación de los recursos.

El cambio de la metodología de cálculo del caudal de diseño genero un incremento presupuestal en los proyectos de saneamiento básico que se quedaron inmersos en la transición de la Norma y en los que están por venir en el futuro.



Las empresas privadas dedicadas a fabricar Tanques y brindar soluciones de saneamiento les conviene seguir utilizando la anterior metodología, para poder ser competitivos en el mercado.

Se espera que el Ministerio de Vivienda realice una revisión en la forma de calcular el caudal de tratamiento de las aguas residuales.

#### REFERENCIAS

Orozco, A. (2014). *Bioingeniería de aguas residuales: teoría y diseño*. Bogotá, D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-Acodal. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/Resoluciones-Agua/0330-%202017.pdf>

República de Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico*. [RAS 2000]. Bogotá, D.C.: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.

República de Colombia. Ministerio de Vivienda. (8 de junio de 2017). *Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*. [Resolución 0330]. Diario Oficial: 50.267. Recuperado de [http://sidn.ramajudicial.gov.co/SIDN/NORMATIVA/TEXTOS\\_COMPLETOS/8\\_RESOLUCIONES/RESOLUCIONES%202017/MVCT%20Resolución%20300%20de%202017%20\(Adopta%20el%20Reglamento%20Técnico%20para%20el%20Sector%20de%20Agua%20Potable%20y%20Saneamiento%20Básico,%20RAS\).pdf](http://sidn.ramajudicial.gov.co/SIDN/NORMATIVA/TEXTOS_COMPLETOS/8_RESOLUCIONES/RESOLUCIONES%202017/MVCT%20Resolución%20300%20de%202017%20(Adopta%20el%20Reglamento%20Técnico%20para%20el%20Sector%20de%20Agua%20Potable%20y%20Saneamiento%20Básico,%20RAS).pdf)

Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y Principios de diseño*. Bogotá, D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.