



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magister en Sistemas de Gestión Ambiental

*DISEÑO DE TRATAMIENTO AEROBIO E INSTALACIÓN DE PLANTA PILOTO PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA USO AGRÍCOLA EN EL BARRIO FORASTERO, LATACUNGA*

**Autor:** Villacís Heredia, Carla Betsabé

**Director:** Ph. D. Carrera Villacrés, David Vinicio

SEPTIEMBRE 2022



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. METODOLOGÍA
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



# 1. INTRODUCCIÓN



Contaminación  
Hídrica



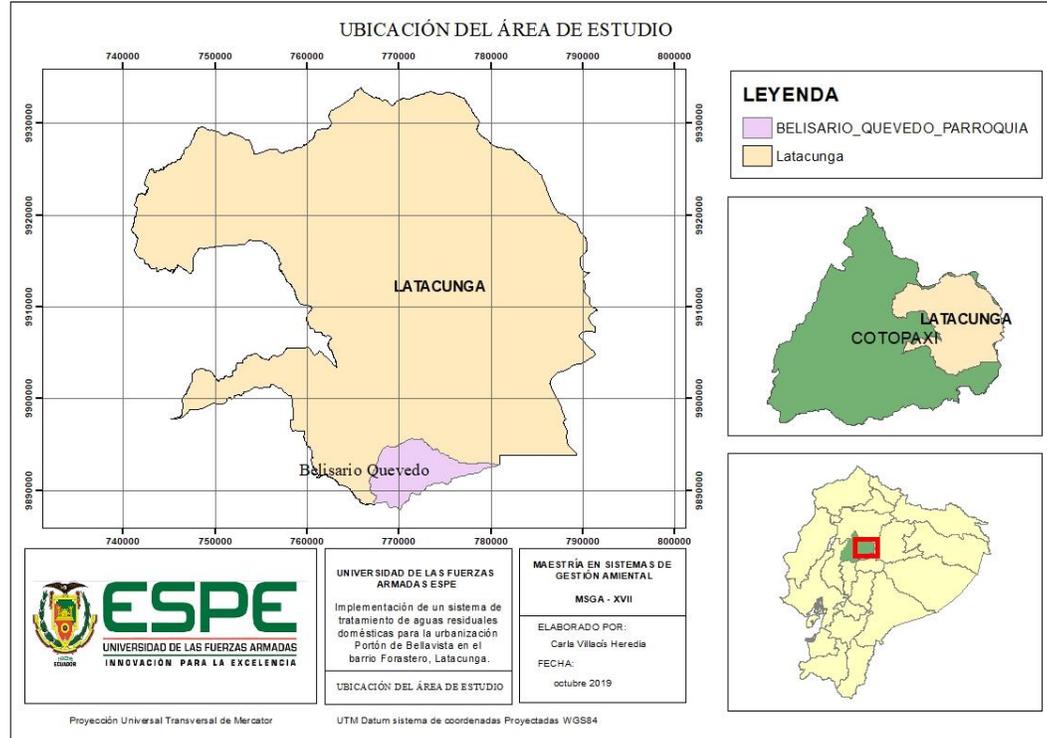
Importancia del agua  
para la vida



Reutilización del agua  
en la agricultura

# 1. INTRODUCCIÓN.

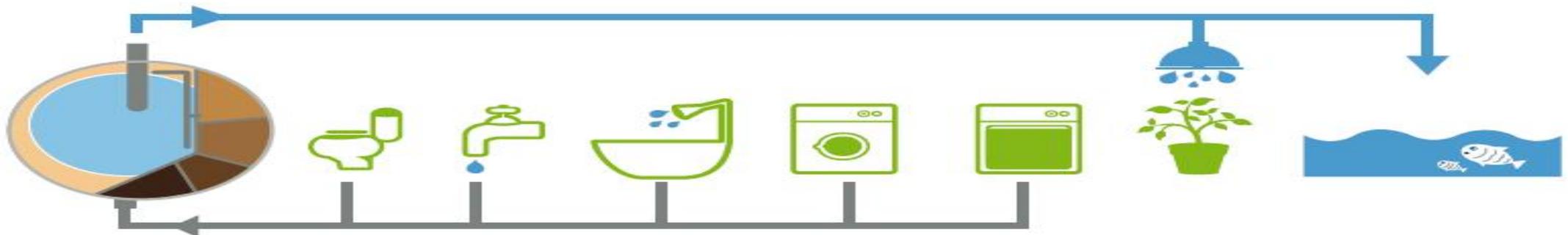
## UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



## 2. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de tratamiento aerobio/anaerobio e instalar una planta piloto para realizar la gestión ambiental de las aguas residuales domésticas producidas en la urbanización Portón de Bellavista ubicada en el barrio Forastero parroquia Belisario Quevedo de Latacunga y utilizarla para riego del área verde.



## 2. OBJETIVOS

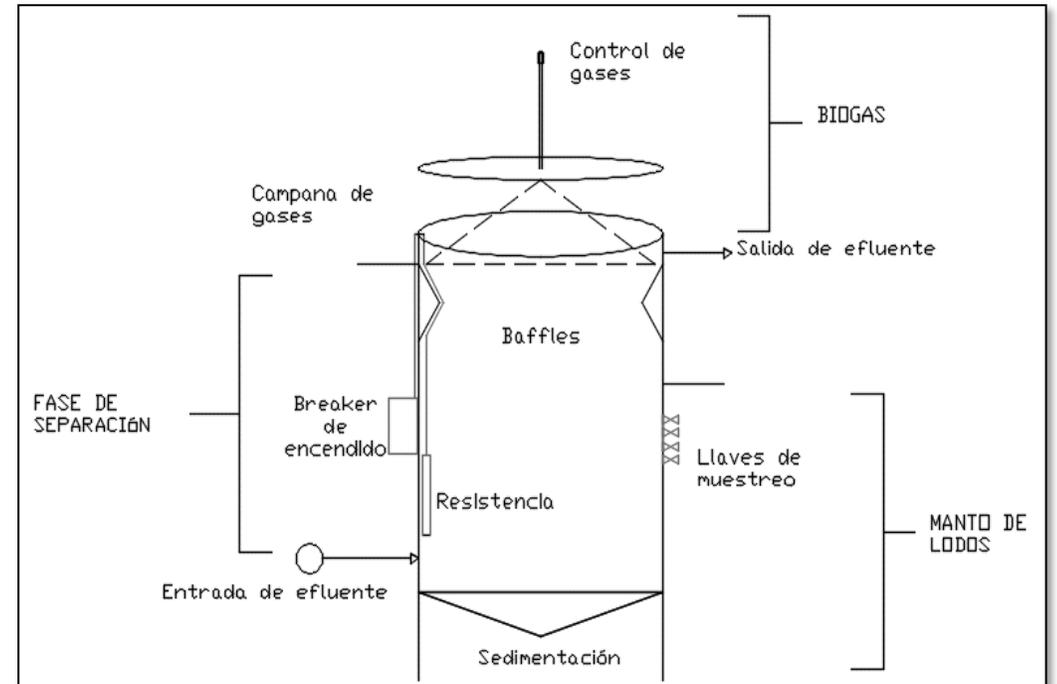
### OBJETIVO ESPECÍFICO



- Realizar el levantamiento topográfico para identificar el terreno donde se implementará el proyecto.
- Efectuar un censo sanitario que permita medir el consumo de agua en la urbanización, el uso que se le da y el caudal de aguas residuales domésticas.
- Realizar la caracterización de las aguas residuales domésticas de la urbanización Portón de Bellavista.
- Diseñar un sistema de tratamiento aerobio o anaerobio identificando el tratamiento que obtenga mejores resultados.
- Implementar una planta piloto para verificar la viabilidad técnica y constructiva en la urbanización.
- Desarrollar el estudio definitivo del mejor tratamiento de las aguas residuales domésticas la urbanización.

# TRATAMIENTO AEROBIO VS TRATAMIENTO ANAEROBIO

| Eficiencia de tratamiento            | Sistema aerobio | Sistema anaerobio    |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------|
| Eliminación materia orgánica         | Alto            | Alto                 |
| Calidad del efluente                 | Excelente       | Moderado/ Bajo       |
| Carga orgánica                       | Moderada        | Alta                 |
| Producción de lodos                  | Alta            | Baja                 |
| Requerimiento de nutrientes          | Alta            | Baja                 |
| Necesidad de alcalinidad             | Baja            | Alta (algunas aguas) |
| Necesidad energética                 | Alta            | Moderada / Baja      |
| Sensibilidad a la temperatura        | Baja            | Alta                 |
| Puesta en marcha                     | 2-4 semanas     | 2-5 meses            |
| Recuperación de energía y nutrientes | No              | Si                   |
| Tratamiento                          | Total           | Pre tratamiento      |



# 3. METODOLOGÍA

## Levantamiento Topográfico

- Equipos de precisión
- Cotas
- Extensión
- Ubicación de alcantarillado



## Censo Sanitario

- Encuestas
- Cartas de pago 2019, 2020, 2021
- Aforos.- Método Volumétrico

**ANEXO B**  
**Sanitaria**  
**Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)**

**OBJETIVO:**  
La presente encuesta tiene el objetivo de recoger información para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domiciliarias de la urbanización Torpes de Bellavista.

**JUSTIFICACIÓN:**  
La encuesta consta de 20 ítems, responde cada uno de ellos en función a su situación diaria.

**Nombre:** .....

**Dirección:** .....

1. Marque con una x el tipo de vivienda que posee

|                   |  |
|-------------------|--|
| En una particular |  |
| En un alquiler    |  |
| En construcción   |  |

2. En el cuadro registre el número de personas que habitan en su domicilio.

|             |  |
|-------------|--|
| Permanentes |  |
| Eventuales  |  |

3. En el cuadro registre el número de personas que habitan en su domicilio.

|             |  |
|-------------|--|
| Permanentes |  |
| Eventuales  |  |

4. Clasifique a los habitantes eventuales de su domicilio:

|              |  |
|--------------|--|
| Estudiantes  |  |
| Trabajadores |  |

5. Marque con una x los días que pertenecen a su vivienda las personas que son eventuales.

|         |  |
|---------|--|
| 1 - 3   |  |
| 4 - 10  |  |
| 11 - 15 |  |
| 16 - 20 |  |

# 3. METODOLOGÍA

## Caracterización de las aguas residuales domésticas

- Para cada descarga importante, en cinco campañas de medición en días diferentes
- Caudal y temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), conductividad eléctrica (CE) y pH con la ayuda de un medidor portátil de marca Hanna.
- Muestreo mediante muestras compuestas en un horario entre 07:00 hasta las 19:00
- Grado de tratamiento necesario.



| Parámetros                                      | Unidad     |
|---|------------|
| Aceites y Grasas                                | mg/L       |
| Alcalinidad de Bicarbonatos (naranja de metilo) | mg/L       |
| Boro  | mg/L       |
| Calcio  | mg/L       |
| Cloruros  | mg/L       |
| DBO <sub>5</sub>                                | mg/L       |
| DQO   | mg/L       |
| Magnesio  | mg/L       |
| Nitratos  | mg/L       |
| Sodio   | mg/L       |
| Coliformes                                      | NMP/100 mL |
| Huevos de Parásitos                             | Huevos/mL  |

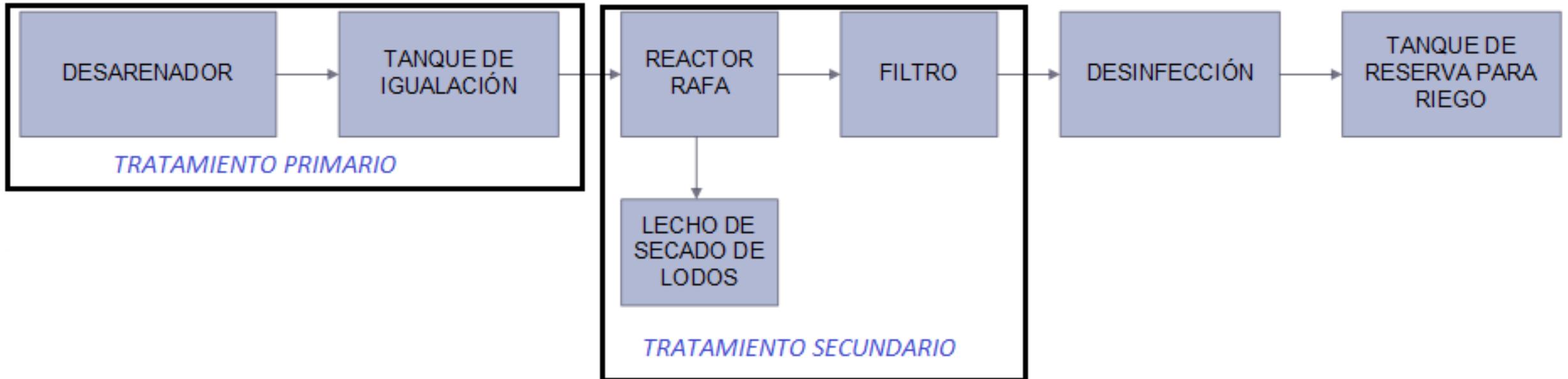
| Uso  | Tratamiento                              | Calidad requerida  |
|--|--|--|
| Riego en áreas verdes no restringidas al público | Secundario<br>Filtración<br>Desinfección | pH = 6-9<br>DBO <sub>5</sub> < 10 mg/L<br>Turbiedad < 2 NTU<br>Coliformes fecales = no detectable<br>Cloro residual = 1 mg/L |
| Riego en áreas verdes restringidas al público    | Secundario<br>Desinfección               | pH = 6-9<br>DBO <sub>5</sub> < 30 mg/L<br>SST < 30 mg/L<br>Coliformes fecales = < 200/100mL<br>Cloro residual = 1 mg/L       |



# 3. METODOLOGÍA

## Diseños definitivos

- El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para un tiempo de vida útil de 20 años, con la implementación de una planta piloto para la verificación del sistema planteado.
- Diseño del sistema de riego para el área verde de la urbanización.



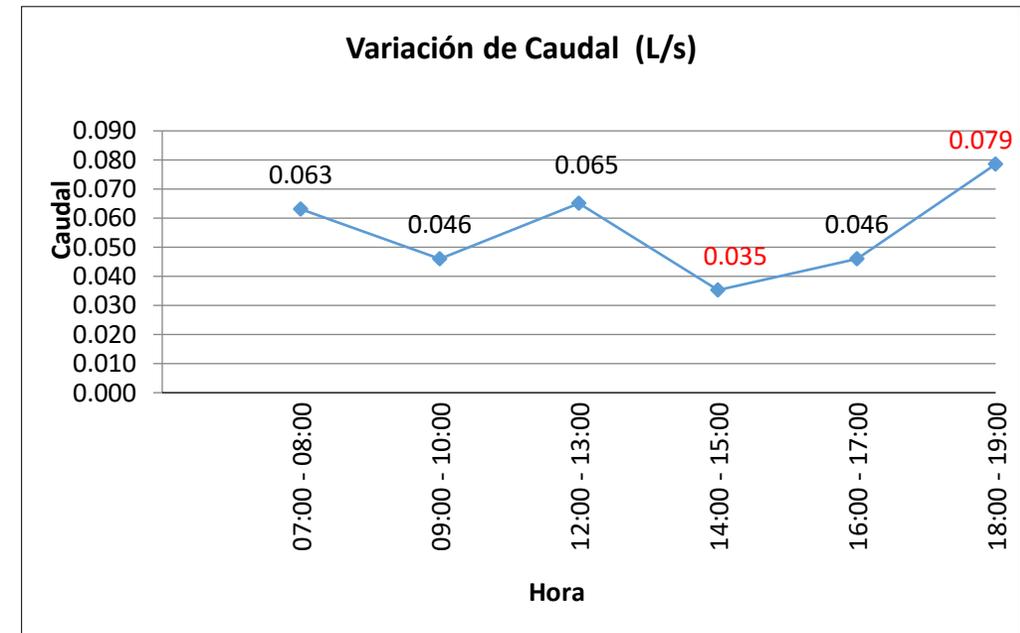
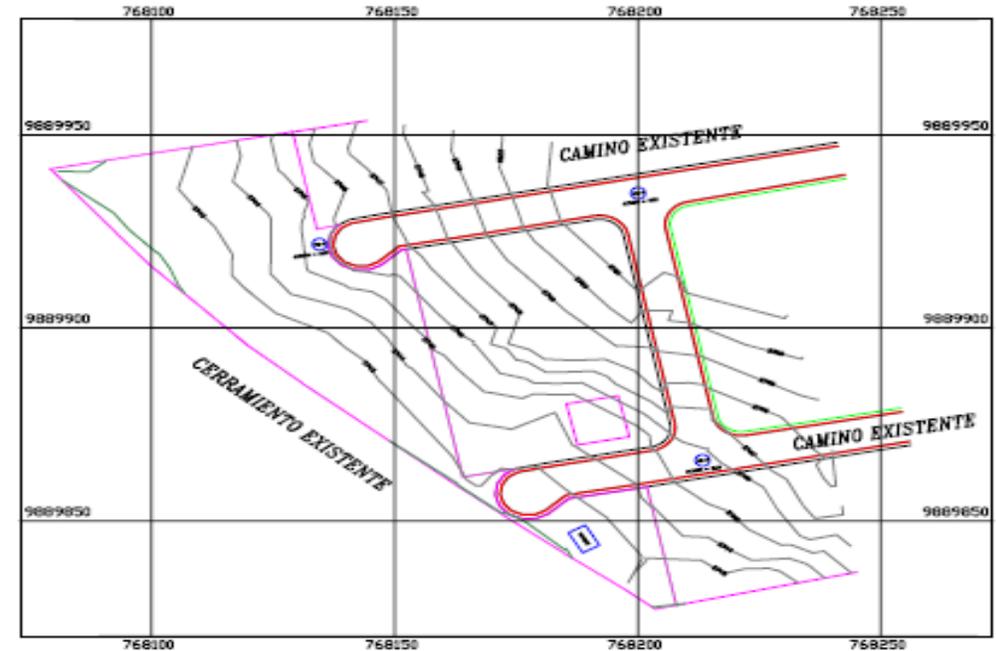
# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Levantamiento Topográfico

- Superficie de área verde 3624m<sup>2</sup>
- La altura varía entre 2742msnm – 2746msnm

## Censo Sanitario

- Urbanización ocupada 40% por estudiantes de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
- Caudal aforado promedio 0.056L/s (23-27 de noviembre de 2020)
- Caudal de agua potable se obtuvo de las cartas de pago del servicio 0.078 L/s



# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

*Resultado de Análisis Físico Químico de Aguas Residuales antes de iniciar el tratamiento*

| Parámetros                  | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|--------|-----------|
| Aceites y Grasas            | mg/L   | 12.00     |
| Alcalinidad de Bicarbonatos | mg/L   | 323.00    |
| Boro                        | mg/L   | <0.30     |
| Calcio                      | mg/L   | 11.42     |
| Cloruros                    | mg/L   | 89.33     |
| DBO <sub>5</sub>            | mg/L   | 189.36    |
| DQO                         | mg/L   | 359.00    |
| Magnesio                    | mg/L   | 4.62      |
| Nitratos                    | mg/L   | 0.29      |
| Sodio                       | mg/L   | 64.35     |

*Resultado de Análisis Físico Bacteriológico antes de iniciar el tratamiento*

| Parámetros          | Unidad     | Resultado |
|---------------------|------------|-----------|
| Coliformes totales  | NMP/100 mL | 15000     |
| Huevos de parásitos | Huevos/mL  | <1        |



*Resultado de Análisis en el Sitio*

| Temperatura (°C) |     | Parámetros                         |                                     |
|------------------|-----|------------------------------------|-------------------------------------|
|                  | pH  | Conductividad eléctrica CE (mS/cm) | Sólidos disueltos totales TDS (ppm) |
| 15,6             | 7,7 | 0,86                               | 616                                 |
| 16,1             | 7,8 | 0,90                               | 684                                 |
| 15,8             | 8   | 0,71                               | 510                                 |
| 16               | 7,7 | 0,82                               | 604                                 |
| 15,8             | 7,8 | 0,88                               | 653                                 |

# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## ESTUDIOS DEFINITIVOS

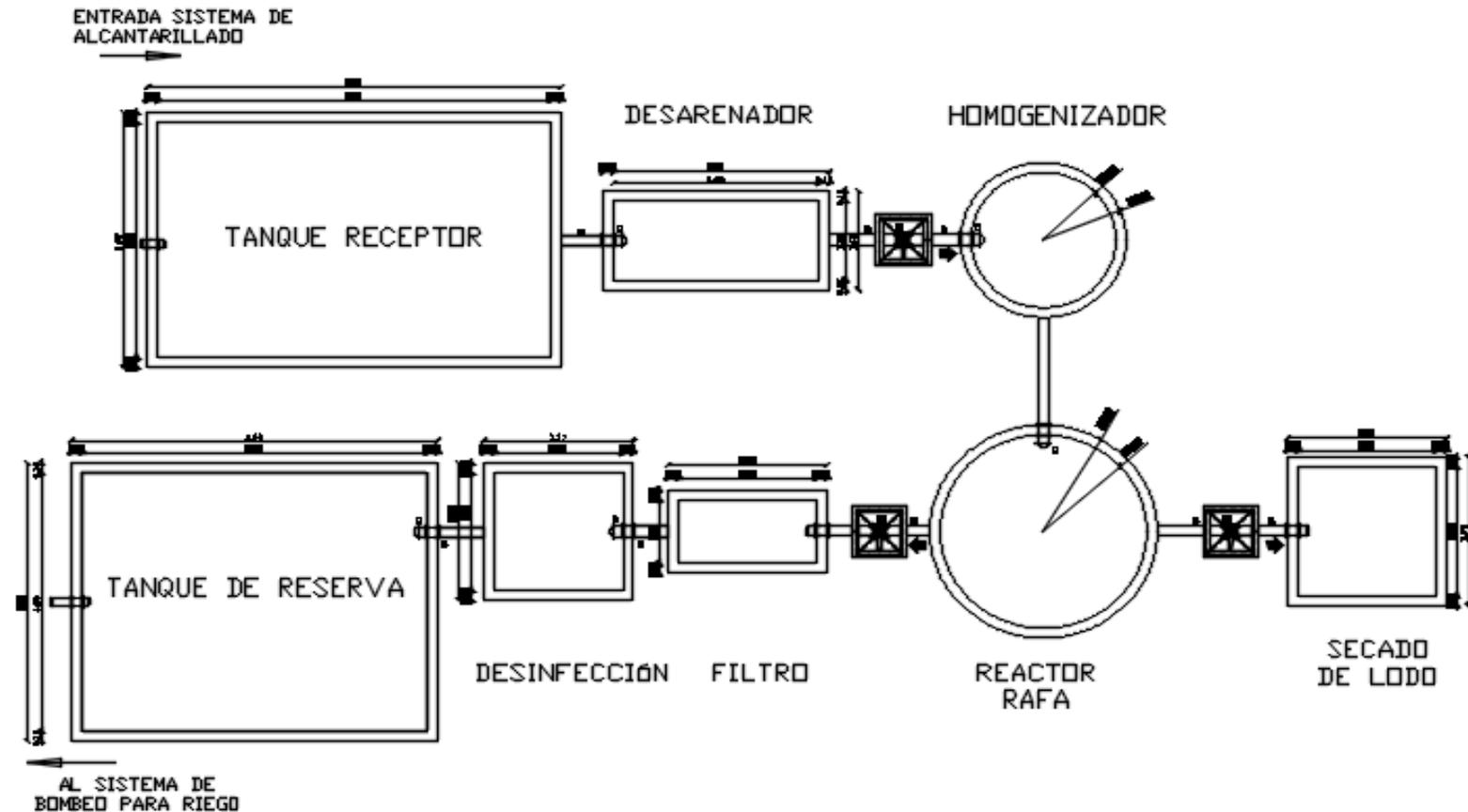
Parámetros de diseño

Población de saturación  
 $Pd = 340$  habitantes

Dotación (cartas de pago)  $D = 200.94$  L/hab-día

Coefficiente de Retorno  
 $Cr = 0.72$

Caudal de Diseño  
 $Qd = 2.4$  L/s



# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| Desarenador               |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Material                  | H°A° 210 kg/cm <sup>2</sup> |
| Ancho b (m)               | 0.5                         |
| Profundidad h (m)         | 1                           |
| Longitud L (m)            | 3                           |
| Tiempo de retención Tr(s) | 60                          |
| Borde libre               | 0.25                        |

| Homogenizador                            |                             |
|--|-----------------------------|
| Material                                 | H°A° 210 kg/cm <sup>2</sup> |
| Profundidad h (m)                        | 2.55                        |
| Diámetro d (m)                           | 3.20                        |
| Volumen Vhomogenizador (m <sup>3</sup> ) | 20.26                       |
| Borde Libre (m)                          | 0.10                        |

| Reactor RAFA                    |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Material                        | H°A° 210 kg/cm <sup>2</sup> |
| Profundidad h (m)               | 4.00                        |
| Diámetro d (m)                  | 3.00                        |
| Volumen VRAFA (m <sup>3</sup> ) | 28.57                       |
| Tiempo de retención Tr(h)       | 14                          |

| Filtro                          |      |
|---------------------------------|------|
| Largo (m)                       | 2.05 |
| Ancho (m)                       | 1.00 |
| Relación l – a                  | 1:2  |
| Profundidad (m)                 | 3.50 |
| Profundidad columna de agua (m) | 2.00 |

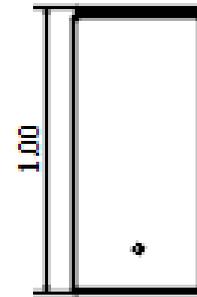
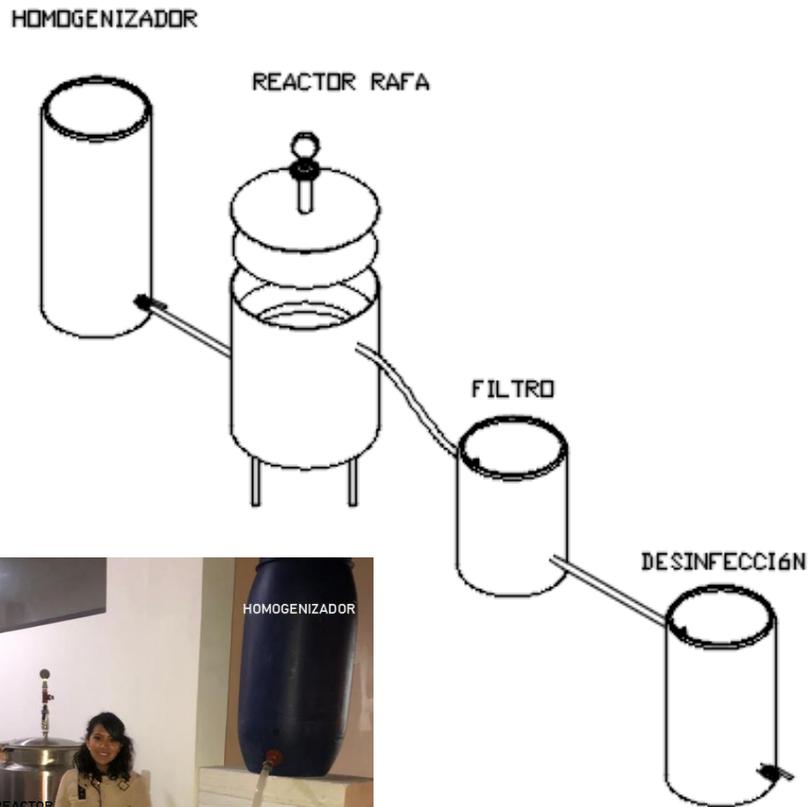
| Desinfección              |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Tiempo de retención (min) | 40.00                             |
| Volumen (m <sup>3</sup> ) | 6.80                              |
| Profundidad (m)           | 2.00                              |
| Ancho (m)                 | 1.85                              |
| Largo (m)                 | 1.85                              |
| Método de desinfección    | hipoclorito de calcio en tabletas |
| Material                  | H°A° 210 kg/cm <sup>2</sup>       |



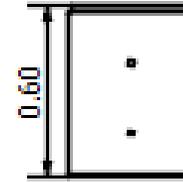
# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



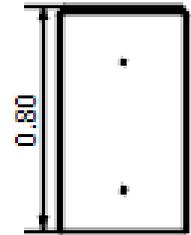
## PLANTA PILOTO



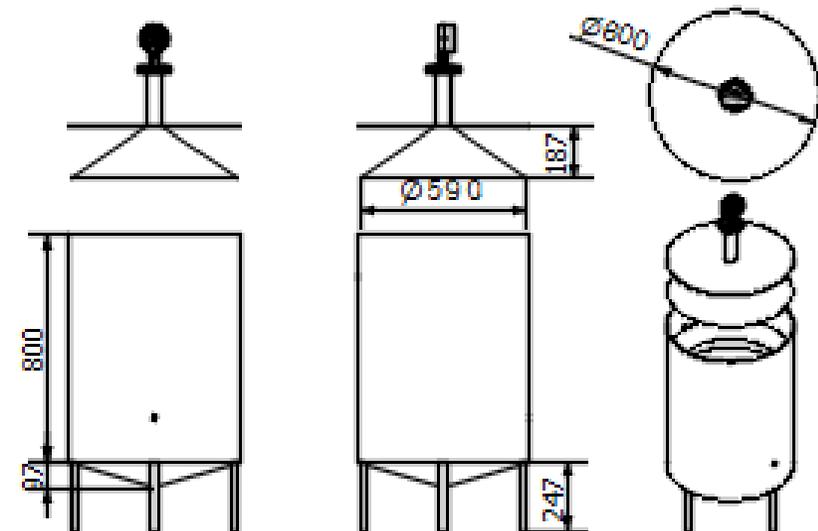
HOMOGENIZADOR



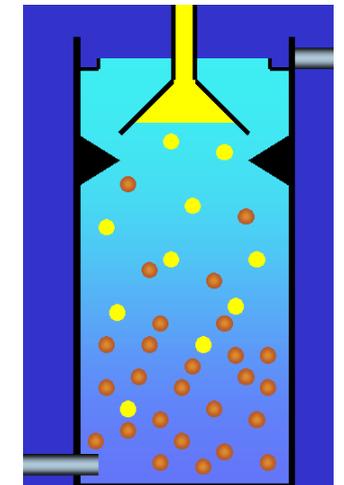
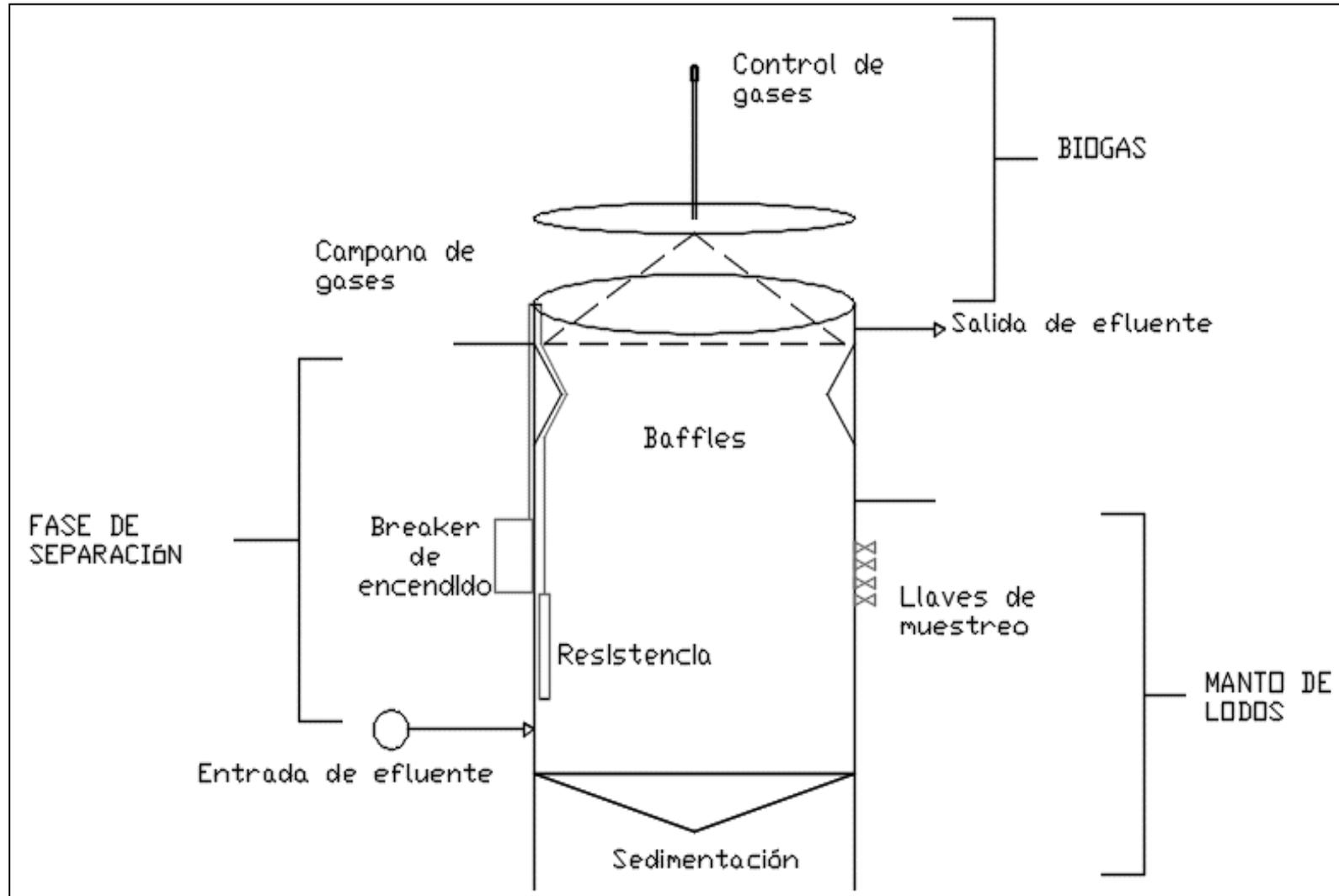
FILTRO



DESINFECCIÓN



# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CALIDAD DEL AGUA

| Parámetros                                      | Unidad | Resultado antes del inicio | Resultado 15 días | Resultado 30 días | % de remoción |
|---|--------|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Aceites y Grasas                                | mg/L   | 12.00                      | 3.00              | 0.20              | 98.33         |
| Alcalinidad de Bicarbonatos (naranja de metilo) | mg/L   | 323.00                     | 152.00            | 103.00            | 68.11         |
| Boro  | mg/L   | <0.30                      | <0.40             | <0.30             | 0             |
| Conductividad eléctrica CE                      | mS/cm  | 0.83                       | 0.81              | 0.78              | 6.02          |
| Cloruros  | mg/L   | 89.33                      | 90.59             | 89.05             | 0.31          |
| DBO <sub>5</sub>                                | mg/L   | 189.36                     | 158.27            | 60.91             | 67.83         |
| DQO   | mg/L   | 359                        | 290               | 127               | 64.62         |
| pH  |        | 7.1                        | 7.0               | 6.9               | 2.82          |
| Nitratos  | mg/L   | 0.29                       | 0.21              | 0.23              | 20.69         |
| Sodio   | mg/L   | 64.35                      | 60.77             | 54.48             | 15.34         |
| Sólidos disueltos totales (TDS)                 | mg/L   | 684                        | 420               | 408               | 40.35         |

| Parámetros          | Unidad     | Resultado antes del inicio | Resultado 15 días | Resultado 30 días | % de remoción |
|---------------------|------------|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Coliformes totales  | NMP/100 mL | 15000                      | <1.8              | < 0               | 100           |
| Huevos de parásitos | Huevos/mL  | <1                         | 0                 | 0                 | 100           |

# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CALIDAD DEL AGUA

| Parámetros                                      | Unidad | Resultado | Límite máximo permitido |
|---|--------|-----------|-------------------------|
| Aceites y Grasas                                | mg/L   | 0.20      | 0.3                     |
| Alcalinidad de Bicarbonatos (naranja de metilo) | mg/L   | 103.00    | 518.00                  |
| Boro  | mg/L   | <0.30     | 1                       |
| Conductividad eléctrica CE                      | mS/cm  | 0.78      | 0.70                    |
| Cloruros  | mg/L   | 89.05     | 106.5                   |
| DBO <sub>5</sub>                                | mg/L   | 60.91     | 100                     |
| DQO   | mg/L   | 127       | 250                     |
| pH  |        | 6.9       | 6.5-8.4                 |
| Nitratos  | mg/L   | 0.23      | 5                       |
| Sodio   | mg/L   | 54.48     | 68.94                   |
| Sólidos disueltos totales (TDS)                 | mg/L   | 408       | 450                     |

| Parámetros          | Unidad     | Resultado | Límite máximo permisible |
|---------------------|------------|-----------|--------------------------|
| Coliformes totales  | NMP/100 mL | 0         | 1000                     |
| Huevos de parásitos | Huevos/mL  | 0         | 0                        |

# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## SISTEMA DE RIEGO

### Aspersores

- Aspersores: 12
- Caudal: 0.46m<sup>3</sup>/h
- Diámetro: 18.43m

### Plantas

- Kikuyo
- Necesidad hídrica: 7.83 m<sup>3</sup>/día

### Caudal

- caudal de 5.52 m<sup>3</sup>/h
- Funcionamiento o 1 hora 25 minutos

### Bombeo

Bomba centrífuga de acero inoxidable de 1HP



# 5. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico realizado en el área verde de la urbanización Portón de Bellavista se ha verificado que cuenta con una extensión  $3624\text{m}^2$  y la diferencia de nivel es de 4m. razón por la que se ha determinado que las condiciones son óptimas para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales e implementación de sistema de riego.
- El censo sanitario ha permitido identificar que el uso que se le da al agua de consumo humano, se generan un caudal de aguas residuales promedio de 0.056 L/s
- Por medio de la caracterización del agua residual cruda y tratada se ha obtenido porcentajes de reducción de los parámetros analizados, así, disminución de aceites y grasas 98.33%, reducción de bicarbonatos 68.11%, conductividad eléctrica 6.02%, cloruros 0.31%, nitratos 20.69%, sodio 15.34%, sólidos disueltos totales 40.35%,  $\text{DBO}_5$  67.83% y DQO 64.62%.
- En el presente proyecto se determinó que una planta de tratamiento anaerobia cumple con la depuración de las aguas residuales domesticas producidas por la urbanización, es un método eficiente, energética y económicamente viable para el saneamiento de la misma y su reutilización en el riego de jardines.

# 5. CONCLUSIONES

- La planta piloto implantada para la urbanización cuenta de una homogenizador, reactor RAFA, filtro descendente y un tanque de desinfección, es una opción viable por su desempeño, además, no necesita grandes extensiones de terreno para su construcción lo que le hace factible para el tratamiento de las aguas residuales. El reactor RAFA necesita la inoculación de bacterias, razón por la cual, los resultados finales de la depuración del agua empiezan a obtenerse de 30 a 60 días.
- Se ha realizado el diseño definitivo del proyecto escogiendo como alternativa óptima una planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia, ya que, mediante la planta piloto se ha obtenido resultados favorables, observando la depuración del agua residual, el espacio con el que cuentan en la urbanización es óptimo y el presupuesto ha sido aceptado para su construcción. Es de gran interés que el agua se pueda utilizar para el riego de jardines ya que la urbanización no puede conectarse a una red de alcantarillado por la topografía

# 5. RECOMENDACIONES

- Priorizar la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales ya que las mismas se encuentran contaminado el medio: el aire, el suelo, las aguas subterráneas al ser infiltradas por medio de pozos sépticos por la falta de atención permanente de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado de Latacunga que en los últimos meses ya no envían el hidrosuccionador para vaciar el tanque de llegada de las aguas residuales.
- Construir un sistema de alcantarillado pluvial para evitar el colapso de la planta de tratamiento en días lluviosos.
- Realizar análisis de suelos antes de la construcción de la planta de tratamiento.
- Realizar el movimiento de tierras del área verde de la urbanización para unificar el terreno y facilitar la construcción de la planta de tratamiento
- Se debe realizar un plan de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento, ya que, su eficiencia depende de cómo es manejada y se dé un periódico y adecuado mantenimiento.