



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS GRISES  
MEDIANTE HUMEDALES EN LA COMUNIDAD PASO ANCHO, DEL MUNICIPIO DE  
ESTELI**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Ever Ubaldo Centeno Zeledón

Br. Pastor Ulises Gutiérrez Castilblanco

**Tutor**

M.Sc. Ing. Sergio Junior Navarro Hudiel

**Asesor**

M.Sc. Ing. Henry Javier Vílchez Pérez

Managua, junio 2019

## **Dedicatoria**

Este trabajo investigativo está dedicado:

**A Dios**, por permitirme lograr nuestras metas y aportar un granito de arena en pro de preservar el medio ambiente.

**A mis padres**, por apoyarme incondicionalmente en este proyecto académico.

**A los maestros**, que nos enseñaron y nos guiaron durante los cinco años que duro la carrera.

**A nuestros compañeros de estudio**, grupo que por cinco años se caracterizó por su unidad, compañerismo, dedicación y perseverancia, lo que nos permitió superar los obstáculos presentados a lo largo de esos años.

*EVER UBALDO  
CENTENO ZELEDON*

## **Dedicatoria**

Este trabajo investigativo está dedicado:

**A Dios**, por permitirme lograr nuestras metas y aportar un granito de arena en pro de preservar el medio ambiente.

**A mis padres y mi esposa**, por apoyarme incondicionalmente en este proyecto académico.

**A los maestros**, que nos enseñaron y nos guiaron durante los cinco años que duro la carrera.

**A nuestros compañeros de estudio**, grupo que por cinco años se caracterizó por su unidad, compañerismo, dedicación y perseverancia, lo que nos permitió superar los obstáculos presentados a lo largo de esos años.

*PASTOR ULISES  
GUTIERREZ CASTILBLANCO*

## **Agradecimientos**

Agradecimiento a Dios nuestro Señor, guía espiritual que en todo momento nos ha iluminado para seguir el camino correcto y lograr nuestros objetivos.

Ingeniero Henry Vílchez por su valiosa e incondicional colaboración en la realización de este trabajo investigativo.

Agradezco a todas las personas que contribuyeron de una u otra manera a la realización de este estudio, ya que sin ellos no hubiese sido posible la culminación de nuestro estudio.

A todos(as) muchas gracias y que Dios derrame muchas bendiciones sobre ustedes.

*EVER CENTENO  
PASTOR GUTIERREZ*

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO I. GENERALIDADES .....                            | 1  |
| 1.1 Introducción .....                                     | 1  |
| 1.2 Antecedentes .....                                     | 3  |
| 1.3 Justificación .....                                    | 5  |
| 1.4 OBJETIVOS .....  | 7  |
| 1.4.1 Objetivo general .....                               | 7  |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                           | 7  |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....                           | 9  |
| 2.1 Caracterización de las aguas grises.....               | 9  |
| 2.1.1 Aguas grises.....                                    | 9  |
| 2.1.2 Aguas residuales domésticas tratadas .....           | 9  |
| 2.2 Caracterización de las AGD .....                       | 10 |
| 2.2.1 Parámetros físicos.....                              | 10 |
| 2.2.2 Parámetros químicos.....                             | 10 |
| 2.2.3 Parámetros microbiológicos .....                     | 11 |
| 2.3 Sistema de tratamiento para AGD.....                   | 11 |
| 2.3.1 Pretratamiento .....                                 | 11 |
| 2.3.2 Humedales .....                                      | 12 |
| 2.3.3 Clasificación de los humedales artificiales.....     | 12 |
| 2.3.4 Componentes del humedal.....                         | 18 |
| 2.3.4.1 Lecho filtrante .....                              | 18 |
| 2.3.4.2 Plantas macrófitas .....                           | 18 |
| 2.3.5 Rango de aplicaciones .....                          | 19 |
| 2.4 Patógenos y su remoción en humedales artificiales..... | 20 |
| 2.4.1 Microorganismos .....                                | 20 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.4.2   | Mecanismos de remoción de contaminantes en humedales .....  | 24 |
| 2.5     | Normas de vertido de aguas residuales .....   | 32 |
| 2.5.1   | Decreto 33-95.....  | 32 |
| 2.5.1.1 | Decreto 21-2017.....  | 32 |
| 2.5.2   | Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso (NTON 05-027-05)..... | 33 |
| 2.5.2.1 | Reúso de las aguas tratadas .....   | 33 |
| 2.6     | Estudio y evaluación de impacto ambiental.....  | 34 |
| 2.6.1   | Sistema de evaluación ambiental (Decreto 76-2006).....  | 34 |
| 2.6.1.1 | Estructura del sistema de evaluación ambiental.....   | 34 |
| 2.7     | Costo y presupuesto.....  | 35 |
| 2.7.1   | Precio unitario.....  | 35 |
| 2.7.2   | Costos directos.....  | 35 |
| 2.7.3   | Costos indirectos .....   | 35 |
|         | CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....   | 38 |
| 3.1     | Presentación y planificación .....  | 38 |
| 3.1.1   | Localización.....   | 39 |
| 3.1.2   | Macro localización y Micro localización .....   | 39 |
| 3.2     | Descripción del sistema de tratamiento.....   | 41 |
| 3.3     | Componentes del sistema .....   | 42 |
| 3.3.1   | Unidades de tratamiento.....  | 42 |
| 3.3.2   | Pretratamiento .....  | 42 |
| 3.3.3   | Humedales .....   | 45 |
| 3.3.4   | Unidad de almacenamiento .....  | 50 |
| 3.4     | Descripción del diseño del Humedal .....  | 51 |
| 3.4.1   | Parámetros de diseño.....   | 51 |

|                             |  |    |
|-----------------------------|--|----|
| 3.4.1.1                     | Velocidad de reacción .....  | 52 |
| 3.4.1.2                     | Tiempo de retención hidráulico.....                                    | 52 |
| 3.4.1.3                     | Carga orgánica .....   | 52 |
| 3.4.1.4                     | Tasa de carga orgánica .....   | 53 |
| 3.4.1.5                     | Área del terreno .....   | 54 |
| 3.4.1.6                     | Ancho del humedal.....   | 54 |
| 3.4.1.7                     | Longitud del humedal .....   | 54 |
| 3.5                         | Periodo de estudio.....  | 55 |
| 3.6                         | Costo y presupuesto.....   | 57 |
| 3.7                         | Límites máximos permisibles de acuerdo a regulaciones ambientales .... | 57 |
| 3.7.1                       | Clasificación del efluente .....                                       | 57 |
| 3.7.1.1                     | Decreto 33-95.....   | 57 |
| 3.7.1.2                     | NTON 05 027-05 .....   | 59 |
| 3.7.2                       | Estudio y Evaluación de impacto ambiental .....                        | 60 |
| CAPÍTULO V. RESULTADOS..... |  | 63 |
| 5.1                         | Diseño del humedal.....  | 63 |
| 5.1.1                       | Índice de biodegradabilidad.....                                       | 63 |
| 5.1.2                       | Caudal de diseño.....  | 64 |
| 5.1.3                       | Velocidad de reacción .....  | 65 |
| 5.1.4                       | Tiempo de retención hidráulico .....                                   | 66 |
| 5.1.5                       | Carga Orgánica .....   | 66 |
| 5.1.5.1                     | Carga orgánica en el afluente del sistema.....                         | 66 |
| 5.1.5.2                     | Carga orgánica en el efluente del sistema.....                         | 67 |
| 5.1.6                       | Tasa de carga orgánica.....  | 67 |
| 5.1.7                       | Área del terreno.....  | 67 |
| 5.1.8                       | Ancho del humedal.....   | 68 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 5.1.9     | Longitud el humedal .....                              | 68  |
| 5.2       | Costo y presupuesto.....                               | 69  |
| 5.3       | Periodo de estudio.....                                | 71  |
| 5.4       | Interpretación de resultados .....                     | 100 |
| 5.4.1     | Potencial de hidrogeno (pH).....                       | 101 |
| 5.4.1.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....                          | 101 |
| 5.4.1.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....                          | 101 |
| 5.4.1.3   | Humedal 3 (Unidad H-03) .....                          | 102 |
| 5.4.2     | Temperatura.....                                       | 103 |
| 5.4.2.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....                          | 103 |
| 5.4.2.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....                          | 104 |
| 5.4.2.3   | Humedal 3 (Unidad H-03) .....                          | 105 |
| 5.4.3     | Demanda bioquímica de oxigeno (DBO <sub>5</sub> )..... | 106 |
| 5.4.3.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....                          | 106 |
| 5.4.3.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....                          | 107 |
| 5.4.3.3   | Humedal 3 (Unidad H-03) .....                          | 108 |
| 5.4.4     | Demanda química de oxigeno (DQO) .....                 | 110 |
| 5.4.4.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....                          | 110 |
| 5.4.4.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....                          | 112 |
| 5.4.4.3   | Humedal 3 (Unidad H-03) .....                          | 113 |
| 5.4.5     | Solidos suspendidos totales .....                      | 115 |
| 5.4.5.1   | Tratamiento preliminar .....                           | 115 |
| 5.4.5.1.1 | Humedal 1 (Unidad H-01).....                           | 115 |
| 5.4.5.1.2 | Humedal 2 (Unidad H-02).....                           | 116 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 5.4.5.1.3 | Humedal 3 (Unidad H-03).....           | 116 |
| 5.4.6     | Nutrientes .....                       | 118 |
| 5.4.6.1   | Nitrógeno total.....                   | 118 |
| 5.4.6.1.1 | Humedal 1 (Unidad H-01).....           | 118 |
| 5.4.6.1.2 | Humedal 2 (Unidad H-02).....           | 119 |
| 5.4.6.1.3 | Humedal 3 (Unidad H-03).....           | 120 |
| 5.4.6.2   | Fosforo total.....                     | 122 |
| 5.4.6.2.1 | Humedal 1 (Unidad H-01).....           | 122 |
| 5.4.6.2.2 | Humedal 2 (Unidad H-02).....           | 123 |
| 5.4.6.2.3 | Humedal 3 (Unidad H-03).....           | 124 |
| 5.4.7     | Coliformes fecales .....               | 126 |
| 5.4.7.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....          | 126 |
| 5.4.7.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....          | 127 |
| 5.4.7.3   | Humedal 3 (Unidad H-03) .....          | 128 |
| 5.4.8     | Conductividad eléctrica .....          | 129 |
| 5.4.8.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....          | 130 |
| 5.4.8.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....          | 130 |
| 5.4.8.3   | Humedal 3 (Unidad H-03) .....          | 131 |
| 5.4.9     | Otros parámetros.....                  | 132 |
| 5.4.9.1   | Carga orgánica .....                   | 133 |
| 5.5       | Clasificación de acuerdo a normas..... | 133 |
| 5.5.1     | Decreto 33-95.....                     | 134 |
| 5.5.1.1   | Humedal 1 (Unidad H-01) .....          | 134 |
| 5.5.1.2   | Humedal 2 (Unidad H-02) .....          | 134 |

|         |  |                                      |
|---------|--|--------------------------------------|
| 5.5.1.3 | Humedal 3 (Unidad H-03) .....                                | 135                                  |
| 5.5.2   | NTON 05 027-05 .....   | 135                                  |
| 5.5.2.1 | Humedal 1 (Unidad H-01) .....                                | 135                                  |
| 5.5.2.2 | Humedal 2 (Unidad H-02) .....                                | 136                                  |
| 5.5.2.3 | Humedal 3 (Unidad H-03) .....                                | 136                                  |
| 5.5.3   | Decreto 21-2017.....   | 137                                  |
| 5.5.3.1 | Humedales 1, 2 y 3 (H-01, H-02, H-03) .....                  | 137                                  |
| 5.6     | Plantas macrófitas .....                                     | 137                                  |
| 5.7     | Evaluación de impacto ambiental.....                         | 140                                  |
| 5.7.1   | Interpretación de la matriz de importancia.....              | 140                                  |
| 5.7.1.1 | Interpretación de la importancia de impactos negativos ..... | 140                                  |
| 5.7.2   | Interpretación de importancia de impactos positivos .....    | 141                                  |
|         | <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>                        | <b>144</b>                           |
| 5.1     | Conclusiones.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 5.2     | Recomendaciones.....   | 147                                  |
|         | <b>CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>                      | <b>150</b>                           |
| 7.1     | Bibliografía .....   | 150                                  |
|         | <b>ANEXOS .....</b>  |                                      |

### Índice tabla de ecuaciones

|                    |                                      |    |
|--------------------|--------------------------------------|----|
| <b>Ecuación. 1</b> | Índice de biodegradabilidad.....     | 51 |
| <b>Ecuación. 2</b> | Velocidad de reacción .....          | 52 |
| <b>Ecuación. 3</b> | Tiempo de retención hidráulico ..... | 52 |
| <b>Ecuación. 4</b> | Carga orgánica .....                 | 52 |
| <b>Ecuación. 5</b> | Tasa de carga organica.....          | 53 |
| <b>Ecuación. 6</b> | Área del terreno.....                | 54 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Ecuación. 7</b> Ancho del humedal.....     | 54 |
| <b>Ecuación. 8</b> Longitud del humedal ..... | 54 |

### **Índice tabla de Ilustraciones**

|   |       |
|---|-------|
| <b>Ilustración 1.-</b> Humedal de flujo horizontal.....   | 13    |
| <b>Ilustración 2.-</b> Humedal de flujo vertical.....   | 15    |
| <b>Ilustración 3.-</b> Proceso de filtración.....   | 18    |
| <b>Ilustración 4.-</b> Ubicación general .....  | 39    |
| <b>Ilustración 5.-</b> Macro localización y Micro localización.....   | 40    |
| <b>Ilustración 6.-</b> Flujograma de unidades componentes de sistema de tratamiento (izquierda a derecha) .....                         | 42    |
| <b>Ilustración 7.-</b> Unidades de pretratamiento .....   | 44    |
| <b>Ilustración 8.-</b> Componentes de las unidades de pretratamiento.....   | 45    |
| <b>Ilustración 9.-</b> Tubería para el humedal con perforaciones.....   | 46    |
| <b>Ilustración 10.-</b> Dimensiones y distribución de Lecho filtrante en humedales artificiales .....                                   | 47    |
| <b>Ilustración 11.-</b> Proceso de construcción de la unidad H-01.....  | 48    |
| <b>Ilustración 12.-</b> Proceso de construcción de la unidad H-02.....  | 49    |
| <b>Ilustración 13.-</b> Proceso constructivo de la unidad H-03.....   | 50    |
| <b>Ilustración 14.-</b> Imagen de raíz de la planta implementada en la unidad H-01, Cala138   |       |
| <b>Ilustración 15.-</b> Imagen de raíz de la planta implementada en la unidad H-02, Ginger .....  | 139   |
| <b>Ilustración 16.-</b> Afluente de la unidad H-01, primer muestreo, coliformes totales- 1 -  |       |
| <b>Ilustración 17.-</b> Efluente de la unidad H-01, primer muestreo, coliformes totales- 2 -  |       |
| <b>Ilustración 18.-</b> Afluente de la unidad H-02, primer muestreo, coliformes totales- 3 -  |       |
| <b>Ilustración 19.-</b> Efluente de la unidad H-02, primer muestreo, coliformes totales- 4 -  |       |
| <b>Ilustración 20.-</b> Afluente de la unidad H-03, primer muestreo, coliformes totales- 5 -  |       |
| <b>Ilustración 21.-</b> Efluente de la unidad H-03, primer muestreo, coliformes totales- 6 -  |       |
| <b>Ilustración 22.-</b> Afluente de la unidad H-03, primer muestreo, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total ..... | - 7 - |
| <b>Ilustración 23.-</b> Efluente de la unidad H-03, primer muestreo, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total ..... | - 8 - |
| <b>Ilustración 24.-</b> Afluente de la unidad H-01, primer muestreo, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total ..... | - 9 - |

|   |        |
|---|--------|
| <b>Ilustración 25.-</b> Efluente de la unidad H-01, primer muestreo, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total ..... | - 10 - |
| <b>Ilustración 26.-</b> Afluente de la unidad H-02, primer muestreo, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total ..... | - 11 - |
| <b>Ilustración 27.-</b> Efluente de la unidad H-02, primer muestreo, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total ..... | - 12 - |
| <b>Ilustración 28.-</b> Afluente de la unidad H-01, segundo muestreo, Coliformes Totales-   | 13     |
| -   |        |
| <b>Ilustración 29.-</b> Efluente de la unidad H-01, segundo muestreo, Coliformes Totales-   | 14     |
| -   |        |
| <b>Ilustración 30.-</b> Afluente de la unidad H-02, segundo muestreo, Coliformes Totales-   | 15     |
| -   |        |
| <b>Ilustración 31.-</b> Efluente de la unidad H-02, segundo muestreo, Coliformes Totales-   | 16     |
| -   |        |
| <b>Ilustración 32.-</b> Afluente de la unidad H-03, segundo muestreo, Coliformes Totales-   | 17     |
| -   |        |
| <b>Ilustración 33.-</b> Efluente de la unidad H-03, segundo muestreo, Coliformes Totales-   | 18     |
| -   |        |
| <b>Ilustración 34.-</b> Afluente de la unidad H-03, muestreo 2, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total .....      | - 19 - |
| <b>Ilustración 35.-</b> Efluente unidad H-03, muestreo 2, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....             | - 20 - |
| <b>Ilustración 36.-</b> Afluente unidad H-01, muestreo 2, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....             | - 21 - |
| <b>Ilustración 37.-</b> Efluente unidad H-1, muestreo 2, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....              | - 22 - |
| <b>Ilustración 38.-</b> Afluente unidad H-02, muestreo 2, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....             | - 23 - |
| <b>Ilustración 39.-</b> Efluente unidad H-02, muestreo 2, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....             | - 24 - |
| <b>Ilustración 40.-</b> Afluente unidad H-01, muestreo 3, Coliformes totales .....  | - 25 - |
| <b>Ilustración 41.-</b> Efluente unidad H-2, muestreo 3, Coliformes totales .....   | - 26 - |
| <b>Ilustración 42.-</b> Afluente unidad H-02, muestreo 3, Coliformes totales .....  | - 27 - |
| <b>Ilustración 43.-</b> Efluente unidad H-02, muestreo 3, Coliformes totales .....  | - 28 - |
| <b>Ilustración 44.-</b> Afluente unidad H-03, muestreo 3, Coliformes totales .....  | - 29 - |
| <b>Ilustración 45.-</b> Efluente unidad H-03, muestreo 3, Coliformes totales .....  | - 30 - |

|   |        |
|---|--------|
| <b>Ilustración 46.-</b> Afluente unidad H-03, muestreo 3, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....   | - 31 - |
| <b>Ilustración 47.-</b> Efluente unida H-01, muestreo 3, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....  | - 32 - |
| <b>Ilustración 48.-</b> Afluente unidad H-01, muestreo 3, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....   | - 33 - |
| <b>Ilustración 49.-</b> Efluente unida H-01, muestreo 3, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....  | - 34 - |
| <b>Ilustración 50.-</b> Afluente unida H-02, muestreo 3, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....  | - 35 - |
| <b>Ilustración 51.-</b> Efluente unida H-02, muestreo 3, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total.....  | - 36 - |
| <b>Ilustración 52.-</b> Uno de los beneficiarios de este proyecto, momento en el cual demuestra interés tomando nota en las visitas y capacitaciones acerca de cómo funciona el sistema ..... | - 71 - |

### Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.- Valores encontrados de DBO <sub>5</sub> Y DQO según fuentes de ARD .....                                     | 10 |
| Tabla 2.-Concentraciones típicas de microorganismos y patógenos en aguas residuales crudas y domésticas.....           | 21 |
| Tabla 3.- Reducción de Microorganismos según el proceso de tratamiento (unidades logarítmicas lg <sub>10</sub> ) ..... | 23 |
| Tabla 4.- Mecanismos de remoción de contaminantes en humedales de flujo sub – superficial.....                         | 26 |
| Tabla 5.- Porosidad efectiva del sustrato, $\eta$ .....  | 53 |
| Tabla 6.- Calendario de Muestreos .....  | 56 |
| Tabla 7.-Límites máximos permisibles según Arto. 23 .....  | 57 |
| Tabla 8.-Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 .....  | 58 |
| Tabla 9.-Criterios según el tipo de categoría de riego.....  | 60 |
| Tabla 10.-Límites máximos permisibles en aguas residuales para reúso .....   | 60 |
| Tabla 11.-Parámetros de diseño .....   | 63 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabla 12.-Dimensiones diseñadas para los humedales.....</b>   | <b>69</b> |
| Tabla 13.- Resumen de gastos de construcción y evaluación de sistemas .....  | 70        |
| Tabla 14.- Resultado de análisis de parámetros en estudio, primer muestreo.....  | 73        |
| Tabla 15.- Resultado de análisis de parámetros en estudio, segundo muestreo ....   | 74        |
| Tabla 16.- Resultado de análisis de parámetros en estudio, tercer muestreo.....  | 75        |
| Tabla 17.-Eficiencias reportadas.....  | 76        |
| Tabla 18.-Porcentaje de eficiencia esperados según NTON 05 027-05 .....  | 77        |
| Tabla 19.- Porcentaje de eficiencia en remoción calculado de acuerdo a los resultados del primer muestreo según parámetros descritos en Tabla 13 ..... | 77        |
| Tabla 20.- Porcentaje de eficiencia en remoción calculado de acuerdo a los resultados del segundo muestreo según parámetros descritos en Tabla 13..... | 78        |
| Tabla 21.- Porcentaje de eficiencia en remoción calculado de acuerdo a los resultados del tercer muestreo según parámetros descritos en Tabla 13 ..... | 79        |
| <b>Tabla 22.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-01, primer muestreo .....</b>  | <b>80</b> |
| Tabla 23.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-02, primer muestreo .....   | 81        |
| Tabla 24.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-03, primer muestreo .....   | 82        |
| Tabla 25.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-01, segundo muestreo.....   | 83        |
| Tabla 26.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-02, segundo muestreo.....   | 84        |
| Tabla 27.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-03, segundo muestreo.....   | 85        |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 28.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-01, tercer muestreo .....   | 86 |
| Tabla 29.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-02, tercer muestreo .....   | 87 |
| Tabla 30.- Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad H-03, tercer muestreo .....   | 88 |
| Tabla 31.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-01, primer muestreo .....   | 89 |
| Tabla 32.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-02, primer muestreo .....   | 89 |
| Tabla 33.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-03, primer muestreo .....   | 90 |
| Tabla 34.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-01, segundo muestreo.....   | 90 |
| Tabla 35.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-02, segundo muestreo.....   | 91 |
| Tabla 36.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-03, segundo muestreo.....   | 91 |
| Tabla 37.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-01, tercer muestreo .....   | 92 |
| Tabla 38.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-02, tercer muestreo .....   | 92 |
| Tabla 39.- Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad H-03, tercer muestreo .....   | 93 |
| Tabla 40.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-01, primer muestreo..... | 94 |

|  |        |
|--|--------|
| Tabla 41.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-02, primer muestreo..... | 94     |
| Tabla 42.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-03, primer muestreo..... | 95     |
| Tabla 43.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-01, segundo muestreo .   | 95     |
| Tabla 44.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-02, segundo muestreo .   | 96     |
| Tabla 45.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-03, segundo muestreo .   | 96     |
| Tabla 46.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-01, tercer muestreo..... | 97     |
| Tabla 47.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-02, tercer muestreo..... | 97     |
| Tabla 48.- Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad H-03, tercer muestreo..... | 98     |
| Tabla 49.- Eficiencia en remoción de carga orgánica correspondiente al primer muestreo .....   | 99     |
| Tabla 50.- Eficiencia en remoción de carga orgánica correspondiente al segundo muestreo .....  | 99     |
| Tabla 51.- Eficiencia en remoción de carga orgánica correspondiente al tercer muestreo .....   | 99     |
| Tabla 52.- Número total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto .....  | 141    |
| Tabla 53.- Número total de impactos ambientales positivos generados por el proyecto .....  | 142    |
| Tabla 54.- Línea base ambiental.....   | - 46 - |

|  |        |
|--|--------|
| Tabla 55.- Impactos negativos durante la construcción del proyecto.....            | - 51 - |
| Tabla 56.- Impactos negativos durante el funcionamiento del proyecto.....          | - 54 - |
| Tabla 57.- Impactos positivos durante la construcción del proyecto .....           | - 56 - |
| Tabla 58.- Impactos positivos durante el funcionamiento.....                       | - 57 - |
| Tabla 59.- Matriz causa efecto de impactos negativos durante la construcción..     | - 59 - |
| Tabla 60.- Matriz de valorización de impactos negativos durante la construcción-   | 60 -   |
| Tabla 61.- Matriz de importancia de impactos negativos durante la construcción-    | 61 -   |
| Tabla 62.- Matriz causa efecto de impactos negativos durante el funcionamiento-    | 62 -   |
| Tabla 63.- Matriz de valorización de impactos negativos durante el funcionamiento- | 63 -   |
| Tabla 64.- Matriz de importancia de impactos negativos durante el funcionamiento-  | 64 -   |
| Tabla 65.- Matriz causa efecto de impactos positivos durante la construcción ...   | - 65 - |
| Tabla 66.- Matriz de valorización de impactos positivos durante la construcción-   | 66 -   |
| Tabla 67.- Matriz de importancia de impactos positivos durante la construcción -   | 67 -   |
| Tabla 68.- Matriz causa efecto de impactos positivos durante el funcionamiento-    | 68 -   |
| Tabla 69.- Matriz de valorización de impactos positivos durante el funcionamiento- | 69 -   |
| Tabla 70.- Matriz de importancia de impactos positivos durante el funcionamiento-  | 70 -   |

### **Índice de gráficos**

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1.- Valores de pH obtenidos en el Humedal 1 .....        | 101 |
| Gráfico 2.-Valores de pH obtenidos en el Humedal 2 .....         | 102 |
| Gráfico 3.-Valores de pH obtenidos en el Humedal 3 .....         | 103 |
| Gráfico 4.-Valores de temperatura obtenidos en el Humedal 1..... | 104 |
| Gráfico 5.-Valores de temperatura obtenidos en el Humedal 2..... | 105 |
| Gráfico 6.-Valores de temperatura obtenidos en el Humedal 3..... | 106 |

|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 7.-Valores de DBO <sub>5</sub> obtenidos en el Humedal 1.....         | 107 |
| Gráfico 8.-Valores de DBO <sub>5</sub> obtenidos en el Humedal 2.....         | 108 |
| Gráfico 9.-Valores de DBO <sub>5</sub> obtenidos en el Humedal 3.....         | 109 |
| Gráfico 10.-Valores de DQO obtenidos en el Humedal 1.....                     | 111 |
| Gráfico 11.-Valores de DQO obtenidos en el Humedal 2.....                     | 113 |
| Gráfico 12.-Valores de DQO obtenidos en el Humedal 3.....                     | 114 |
| Gráfico 13.-Valores de SST obtenidos en el Humedal 1.....                     | 115 |
| Gráfico 14.-Valores de SST obtenidos en el Humedal 2.....                     | 116 |
| Gráfico 15.-Valores de SST obtenidos en el Humedal 3.....                     | 117 |
| Gráfico 16.-Valores de Nitrógeno total obtenidos en el Humedal 1.....         | 119 |
| Gráfico 17.-Valores de Nitrógeno total obtenidos en el Humedal 2.....         | 120 |
| Gráfico 18.-Valores de Nitrógeno total obtenidos en el Humedal 3.....         | 121 |
| Gráfico 19.-Valores de Fosforo total obtenidos en el Humedal 1.....           | 123 |
| Gráfico 20.-Valores de Fosforo total obtenidos en el Humedal 2.....           | 124 |
| Gráfico 21.-Valores de Fosforo total obtenidos en el Humedal 3.....           | 125 |
| Gráfico 22.-Valores de Coliformes fecales obtenidos en el Humedal 1.....      | 127 |
| Gráfico 23.-Valores de Coliformes fecales obtenidos en el Humedal 2.....      | 128 |
| Gráfico 24.-Valores de Coliformes fecales obtenidos en el Humedal 3.....      | 129 |
| Gráfico 25.-Valores de Conductividad eléctrica obtenidos en el Humedal 1..... | 130 |
| Gráfico 26.-Valores de Conductividad eléctrica obtenidos en el Humedal 2..... | 131 |
| Gráfico 27.-Valores de Conductividad eléctrica obtenidos en el Humedal 3..... | 132 |

## Glosario de términos

**Adsorción:** Cuando un sólido toma las moléculas en su estructura.

**Aerobio:** Proceso bioquímico que requiere oxígeno molecular, el oxígeno funciona como electrón aceptor terminal. Los organismos aerobios solamente pueden vivir en presencia de oxígeno libre, el que utilizan para degradar los compuestos orgánicos.

**Afluente:** En términos de tratamiento de aguas residuales se refiere al agua cruda (agua sin tratar) que ingresa al sistema de tratamiento. En términos de agua superficial es el agua u otro líquido que ingresa en un embalse o estanque.

**Aguas grises (AGD):** Aguas domésticas residuales compuestas por agua procedente del uso en la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos y lavaderos.

**Aguas residuales:** Son aquellas procedentes de actividades domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias que presentan características físicas, químicas y biológicas que causan daño a la calidad de agua, suelo, biota y a la salud humana.

**Asimilación:** Separación de líquidos, de gases, de coloides o de materia suspendida en un medio por adherencia a la superficie o a los poros de un sólido.

**Biopelícula:** Población de varios microorganismos adheridos a una superficie sólida, donde realizan la biodegradación de la materia orgánica.

**Caudal:** Es el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

**Contaminante:** Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación del ambiente.

**Decreto 33-95 (derogado por el decreto 21-2017):** “Disposiciones para el control contaminación provenientes descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias”.

**Decreto 21-2017:** “Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales” (decreto que deroga el 33-95).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que es utilizada por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

**Demanda química de oxígeno (DQO):** Medida de capacidad de consumo de oxígeno por la materia orgánica presente en el agua residual. Se expresa como la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química.

**Descomposición:** Desintegración de materiales orgánicos e inorgánicos complejos en sustancias más simples mediante procesos químicos o biológicos.

**Desnitrificación:** Reducción de nitrato y/o nitrito a nitrógeno molecular.

**Efluente:** Se entiende como el caudal de agua que sale de una unidad de tratamiento o del sistema de tratamiento.

**Estratificación:** Es la propiedad que tienen las aguas de un cuerpo líquido de ordenarse en capas según distintas variables, térmicas, químicas, físicas, entre otros.

**Filtración:** Proceso físico de separación de un sólido suspendido de un líquido, al hacerlo pasar a través de un medio permeable (poroso) que retiene los sólidos y permite el paso del líquido.

**Fosforo total:** Es la medida de la concentración total de todas las formas disueltas y particuladas de fosforo en una muestra de agua sin filtrar.

**Límite máximo permisible:** Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

**Límite permisible:** Valor máximo de concentración de elemento(s) o sustancia(s) en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados, y reglamentado a través de instrumentos legales.

**Microorganismos:** Organismos que sólo pueden ser observados a través del microscopio, por ejemplo, bacterias, hongos, levaduras, entre otros.

**Nitrificación:** Proceso por el cual el amoníaco es oxidado a nitrito y posteriormente a nitrato, mediante reacciones bacterianas (bacterias nitrificantes) o químicas.

**Nitrógeno total:** Representa el conjunto de las formas de nitrógeno reducidas orgánicas y amoniacales, y no la totalidad del nitrógeno (se refiere al resultado de determinar todo el nitrógeno presente en el agua, a excepción de los nitritos y nitratos).

**NTON 05 027-05:** Norma que establece las disposiciones y regulaciones técnicas y ambientales para la ubicación, operación y mantenimiento, manejo y disposición final de los desechos líquidos y sólidos generados por los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias; incluyendo el reúso de las aguas tratadas para el país de Nicaragua.

**Nutriente:** Cualquier sustancia que sirve de alimento y que promueve el crecimiento de organismos vivos. El término es generalmente aplicado para el nitrógeno y el fósforo en aguas residuales, pero es también aplicado a otros elementos esenciales y elementos traza.

**Parámetro:** Es un valor cualquiera de una variable independiente que se refiere a un elemento o atributo que permite cualificar o cuantificar una propiedad determinada del cuerpo físico en cuanto a ciertas propiedades.

**Patógenos:** Agentes (bacterias, virus, parásitos u hongos) que tienen capacidad para causar una enfermedad (infección) en los seres humanos.

**Porosidad efectiva:** El volumen de los poros interconectados o espacio intersticial presente en una roca, que contribuye al flujo de fluidos o a la permeabilidad de un yacimiento.

**Sedimentación:** En términos de tratamiento de aguas residuales consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua.

**Sólidos suspendidos totales (SST):** La cantidad de sólidos (mg/L) que se encuentran en un filtro por la cual se ha pasado el contenido de una muestra de agua y después evaporar lo que queda en el filtro a 103 – 105°.

**Tiempo de retención hidráulica.** Período durante el cual se retiene un flujo de agua en un estanque, tanque o depósito para su almacenamiento o para completar las reacciones físicas, químicas o biológicas.

Las imágenes mostradas en este documento que no cuenten con una descripción de la fuente, son de elaboración propia.

## Resumen ejecutivo

En la comunidad de Paso Ancho, Estelí, se construyeron tres unidades piloto para el tratamiento de aguas grises mediante el uso de humedales artificiales de flujo sub-superficial, con el objetivo de cuantificar la capacidad depuradora de las especies de plantas, Cala, Ginger y Antorcha, utilizadas como medio biológico para el humedal.

El arreglo para el sistema de tratamiento está conformado por dos tanques para pretratamiento de 250 L y una unidad o celda de tratamiento por humedal. El medio filtrante de la celda consiste de una capa vertical de grava de  $\frac{3}{4}$ " , con una altura de 70 cm y a cada extremo de esta capa se encuentra una capa de piedra bolón.

La realización del proyecto implicó la captación de aguas grises y la aplicación de ensayos en un laboratorio especializado en la caracterización del líquido en cuanto a concentraciones de contaminantes microbiológicos (coliformes) y físico-químicos, antes y después de las tres unidades de tratamiento; estos ensayos de laboratorio fueron llevado a cabo en las instalaciones del PIENSA.

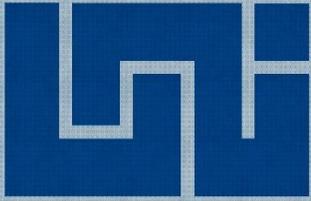
Se analizó en el DBO<sub>5</sub>, eficiencias en la remoción, así también en el fosforo y nitrógeno total, coliformes fecales por un periodo de 9 meses, luego de un tiempo de adaptación para la vegetación alcanzando eficiencias para la DBO<sub>5</sub> de 92.02%, fósforo total de 72.38%, nitrógeno total de 34.42% y coliformes fecales de 99.86%, deduciendo de esta manera que la implementación de este sistema está respaldada de resultados.

De acuerdo a investigaciones previas y con el fin de determinar la eficiencia del humedal se tomó como tiempo de retención 2 días y a partir de esto se definieron los caudales respectivos, 40 lppd para las dos primeras unidades y 100 lppd para la tercera.

Uno de los principales objetivos del estudio es demostrar, que el agua tratada es apta para ser reusada, para esto se tomó en cuenta el Decreto 33-95 (derogado por el decreto 21-2107) y la NTON 05 027-05. Es de vital importancia recordar que uno de los desafíos actuales es superar la escases temporal de agua, ya sea potable o tratada para reusó.

**Palabras claves:** Humedal, reusó, eficiencia, nutrientes.

**Key words:** Wedlands, reuse, efficiency, nutrients, wastewater.



*Líder en Ciencia y Tecnología*

# **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**



**“Vivimos en la tierra como si tuviéramos  
otra a la que ir”**

**-Terry Swearingen**

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

En Nicaragua, al igual que en la mayoría de los países latinoamericanos, los volúmenes de aguas residuales domésticas tratadas apropiadamente son sumamente bajos comparados con el total de aguas residuales generadas (OPS-OMS, 2000).

Esta situación ha provocado que hoy en día la población se enfrente con graves problemas ambientales y afecciones de la salud vinculadas con aguas contaminadas, como son la generación de focos de vectores transmisores de enfermedades y la ingestión de alimentos contaminados por la irrigación de cultivos agrícolas con aguas residuales sin tratamiento (OPS-OMS, 2000).

A nivel centroamericano, Nicaragua es el país que tiene menor cobertura en saneamiento, proporcionando servicios de alcantarillado sanitario al 17.33% de las aguas residuales generadas por la población total, mientras que el país que mayor porcentaje cubre es Guatemala, con 42.15% (OPS-OMS, 2000).

Las aguas grises domésticas (AGD) son aquellas aguas que provienen de los lavamanos, duchas, lavadoras, lavaderos, lavaplatos, y éstas en conjunto constituyen el 75% del volumen de aguas residuales domésticas (ARD).

De acuerdo a Murcia et al. (2014), estas AGD pueden constituir una fuente hídrica importante en la producción de alimentos a pequeña escala, su utilización para este fin a nivel mundial es creciente en zonas de escasas hídrica.

El AGD difiere del ARD por su bajo contenido de materia orgánica y menor concentración de materiales generadores de impacto ambiental negativo tales como: sales, aceites, productos de síntesis químicas y contaminantes microbianos, compuestos provenientes de jabones y detergentes por lo que dicho efluente es un agente contaminante; de acuerdo a esto se recomienda diseñar un sistema de recolección y tratamiento.

Las AGD sin tratamiento ha sido utilizada en la irrigación a pequeña escala, presentando impactos negativos, ya que de acuerdo a lo mencionado anteriormente contienen diversos contaminantes del tipo orgánico y nutriente, que pueden presentar bacterias o

elementos que con procedimientos sencillos pueden eliminarse o aminorarse, así, estas aguas pueden recuperarse para luego ser reutilizado.

Sin embargo, si las aguas grises no son tratadas en forma adecuada para mejorar su calidad, se producirá un impacto negativo al ambiente debido a emisiones de malos olores y focos para la posible transmisión de enfermedades (Flowers, 2004).

El tratamiento para AGD se presenta como una alternativa para mitigar los impactos negativos anteriormente nombrados, considerando las diferentes características físicas, ambientales y socio-económicas existentes en las pequeñas y medianas poblaciones, las cuales presentan un reto a la hora de seleccionar y proyectar tecnologías sostenibles.

Para la selección de la tecnología y a quienes se les beneficiaría, se consideró lo siguiente: las dimensiones del sistema, ubicación, pendiente del terreno, compromiso y disponibilidad de acoger la tecnología y, ya que de acuerdo a Peña et al. (2003) se puede tomar en cuenta que los sistemas naturales tales como filtración lenta en arena y humedales artificiales, son alternativas de bajo costo, fáciles de operar, eficientes y robustos en comparación con los sistemas de tratamiento convencionales.

Considerando todo lo antes mencionado, surge la iniciativa de este estudio en la comunidad Paso Ancho del municipio de Estelí, en la cual se implementaron tres sistemas de tratamiento para AGD, constituidos por una unidad de tratamiento preliminar más un humedal artificial, los cuales fueron construidos y operados en un periodo de seis meses.

Estos sistemas cuentan con variaciones respecto a las plantas macrófitas (Calas, Antorcha y Ginger) con el objetivo de valorar cual especie es más eficiente en la depuración de las aguas, proliferación (reproducción o multiplicación) y cumplir de esta manera con las normativas ambientales en vertido de aguas residuales.

Mediante la implementación de dicho sistema se prevé contribuir a aminorar la falta de agua en época de verano para riego agrícola, la cual según los pobladores de la comunidad Paso Ancho, se vuelve en momentos escasa y racionada, así mismo se contribuye a crear un medio ecológico implementando sistemas amigables con el medio ambiente, los cuales generaran grandes beneficios a dichas comunidades.

## 1.2 Antecedentes

En lo que respecta a Nicaragua, en 1996, se construyó el primer sistema de tratamiento con humedales artificiales, la planta piloto en la ciudad de Masaya, con el fin de investigar la viabilidad técnica y económica de la aplicación de esta tecnología en las regiones tropicales de Centro América (Platze, 2002).

Este sistema ha sido monitoreado cuidadosamente durante los siguientes cinco años posteriores a su construcción, lo cual ha proporcionado una amplia base de datos que han permitido conocer el comportamiento de estos sistemas, lo que ayudará en el diseño, operación y mantenimiento de futuros sistemas de tratamiento de este tipo, así como su aplicación en otros sitios de la región (Platze, 2002).

La experiencia adquirida y los resultados obtenidos durante la construcción y operación de esta planta piloto impulsaron la construcción de otros sistemas de este tipo en Nicaragua, los cuales se implementaron en modelos de menor escala para el tratamiento de aguas grises debido a que son sistemas que no requieren grandes costos para su construcción y mantenimiento.

Al mismo tiempo se desarrolló un programa de investigación sobre la calidad microbiológica de productos agrícolas irrigados con el efluente del humedal artificial. Los resultados obtenidos hasta el momento indican que esta tecnología constituye una alternativa más efectiva y menos costosa que otras tecnologías de tratamiento de aguas grises aplicadas usualmente en la región, permitiendo además el reúso de aguas tratadas en el riego agrícola.

Según la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), para la comunidad Paso Ancho no se encontraron registros acerca de proyectos para el adecuado saneamiento y disposición final para las AGD, ni de investigaciones relacionadas con el tema, cabe recalcar que es una nueva experiencia para los pobladores de dicha zona, lo cual tiene un significativo impacto en el ámbito social y ambiental.

Cabe mencionar que a esta tecnología también se le conoce por parte de ENACAL (Empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados) por el nombre de biofiltro, el

cual es usado erróneamente, ya que este solo hace referencia a un filtro biológico, lo cual solo describe el funcionamiento de este. Habría que mencionar que, en Costa Rica se han implementado sistemas de este tipo y se les conoce como biojardineras, cabe recalcar que, aunque se les conozca con diferentes nombres, ambos están basados en el mismo modelo, y su nombre correcto es humedal artificial.

Se conoce que en comunidades cercanas a la Universidad Católica del Trópico Seco UCATSE, en el periodo que corresponde entre 2015-2016, se estuvo desarrollando un estudio dirigido por dicha universidad, el cual tenía por objetivo el aprovechamiento del AGD tratada mediante humedales artificiales para riego agrícola, aunque lamentable no se encontró documentación aparte de la brindada por personal de esta en una entrevista.

### **1.3 Justificación**

La comunidad de Paso Ancho no disponía de un sistema de recolección y tratamiento apropiado para lo que concierne a AGD, lo que provocaba que estas fuesen vertidas a los patios de las moradas, perjudicando la calidad de vida de los habitantes de los mismos.

Esta comunidad está localizada en el departamento de Estelí, a una distancia de 12 km, a 13°03'33.05 latitud Norte y a 86°22'24.75 longitud Oeste, es conformada en la actualidad por 24 viviendas y 213 habitantes, donde todos carecen de una alternativa para saneamiento, por lo que la única vía de eliminación de las excretas son las letrinas, por lo que de acuerdo a información del MINSA (2016), en esta comunidad se presentan de manera recurrente las siguientes enfermedades; El cólera, la fiebre tifoidea, la disentería, la poliomielitis, la meningitis y las hepatitis A y B, entre otras.

De acuerdo a esto, surge el proyecto “Humedales artificiales para el tratamiento de aguas grises” con el apoyo de la Universidad de Salamanca (España) en conjunto con la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUACS), mismos que sugirieron una solución, que resulto en la implementación de un sistema humedales artificiales, como modelo demostrativo para el tratamiento de AGD.

Esta comunidad principalmente depende de actividades de cultivo de granos básicos y crianza de ganado, estas actividades son realizadas mediante el uso de agua proveniente de un arroyo ubicado a 500 m de las viviendas.

Debido a esto, el agua utilizada en las viviendas para labores cotidianas (lavar ropa, platos, aseo personal) necesitaba contar con un mayor aprovechamiento, ya que esta solo esa dispuesta cerca de las viviendas sin ningún tratamiento. Gracias a la implementación de este proyecto se cuenta con AGD, que luego de ser tratada será reutilizada para riego agrícola en la temporada seca del año.

El proyecto es una solución para esta comunidad, debido a que trabaja con procesos naturales y auto sostenibles, que lo hacen viable y accesible para comunitarios u organizaciones con poca capacidad financiera, ya que su construcción es de bajo coste.

A pesar de existir en el país unidades o modelos de sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales, estos no se han estudiado en sus diferentes variantes en lo que respecta a la eficiencia de acuerdo al tipo o especie de planta implementada.

Se procedió a construir tres humedales artificiales, cada uno de ellos implementara una especie diferente de planta macrófita, estas plantas absorben nutrientes como el nitrógeno y el fosforo que se encuentran concentrados en el AGD, esto con el propósito de valorar la eficiencia de cada una en el proceso biológico.

Por lo que este proyecto sirve de fundamento para futuras investigaciones, ya que está enfocado en estudiar la eficiencia de estos sistemas en diferentes lugares y zonas climáticas, así como la implementación de diferentes especies de plantas macrófitas como son Calas, Antorchas y Ginger.

La razón de la inclusión de estas macrofita es porque de acuerdo a experiencias en el país en cuanto a humedales artificiales el poblador, tiene una creencia que estos no requieren mantenimiento y no se identifican con ellos. Por lo que se propone la inclusión de macrofita que fueran llamativas para las amas de casa pero que estas tuvieran eficiencia en cuanto remoción de carga orgánica y nutrientes.

Las familias seleccionadas fueron capacitadas en lo que respecta a los procesos de operación y mantenimiento que se requieren utilizando metodología FECSA (Familia, Escuela y Comunidades Saludable), de manera que se garantice el correcto funcionamiento de los sistemas, y así poder recolectar datos cuantificables respecto a su eficiencia.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- ✓ Implementar un sistema de tratamiento para aguas grises mediante humedales en la comunidad Paso Ancho del municipio de Estelí.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- ✓ Diseñar tres unidades demostrativas de humedales artificiales, para el tratamiento de aguas grises.
- ✓ Calcular presupuesto de las unidades que conforman el sistema de tratamiento de AGD para la ejecución en físico.
- ✓ Construir tres unidades demostrativas de humedales artificiales, diseñadas en base a caudales de diseño.
- ✓ Establecer un análisis comparativo implementando diferentes plantas macrófitas, con el fin de cuantificar la incidencia que tienen en el proceso de saneamiento de las aguas en base a los parámetros establecidos en el artículo 22, 23 y 57 contemplados en el documento Disposiciones para el control de contaminación proveniente de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias (decreto 33-95).
- ✓ Analizar la calidad de las aguas tratadas para determinar su reutilización de acuerdo a la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reusó (NTON 05 027-05).
- ✓ Realizar una valoración ambiental para la propuesta del sistema operativo.
- ✓ Elaborar un manual técnico de las especificaciones generales para la construcción, operación y mantenimiento de este tipo de tecnologías no convencionales.



*Líder en Ciencia y Tecnología*

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**



**“El agua sucia no se puede lavar”**

**-Proverbio africano**

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Caracterización de las aguas grises**

#### **2.1.1 Aguas grises**

Son las derivadas de las actividades realizadas en los hogares, tales como lavado de ropas, uso de la ducha, el lavamanos, lavado de platos y utensilios. Son altamente nutritivas para las plantas y representan entre el 55 y 75 % del consumo de agua potable en el hogar tanto en zonas urbana como en zonas rurales (Ghunmi, 2009). En comparación con las aguas residuales, poseen una baja carga de nutrientes y materia orgánica (Ochoa, 2007).

Estas se caracterizan por su color gris y suelen confundirse con las aguas residuales, adicionalmente no es muy buena en cuanto a calidad, y son percibidas en muchas partes del mundo como aguas inservibles (Ghunmi, 2009).

Generalmente las AGD contienen detergentes, por lo que se recomienda utilizar detergentes biodegradables.

La mayoría de las tecnologías de tratamiento de aguas grises se derivan del tratamiento de aguas residuales convencionales, estas tecnologías generalmente no se han implementado como tratamiento para AGD.

La cantidad de AGD generadas depende del estado socio-económico del núcleo familiar.

#### **2.1.2 Aguas residuales domésticas tratadas**

Se refieren a las AGD que han sido sometidas a una serie de procesos físicos, químicos y/o biológicos mediante los cuales los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente y el resto de los sólidos orgánicos complejos putrescibles son convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables, inocuos al ser humano; así también se realiza la reducción de microorganismos patógenos (INAA, 1995).

## 2.2 Caracterización de las AGD

### 2.2.1 Parámetros físicos

Dentro de los parámetros físicos relevantes se encuentran la temperatura y los sólidos suspendidos. La temperatura de las aguas grises varía entre 18° y 38° °C, siendo las altas temperaturas ocasionadas por el uso de agua caliente para la higiene personal. Las altas temperaturas pueden generar problemas ya que estas favorecen el crecimiento microbiológico (Sierra, 2006).

En cuanto a los sólidos suspendidos, estos se generan en mayor medida en la lavandería y cocina, pues las aguas grises provenientes de ambas zonas pueden contener partículas de arena y arcilla. En lo que respecta a la cocina, la generación de estas partículas es el resultado de lavado de frutas y verduras, principalmente.

Se conocen valores de sólidos suspendidos totales entre 113-2410 mg/L según Sierra (2006) y según Schneider (2009), valores entre 7-330 mg/L.

### 2.2.2 Parámetros químicos

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas grises difiere según la fuente de generación, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1.-** Valores encontrados de DBO<sub>5</sub> Y DQO según fuentes de ARD

| Fuente     | DQO (mg/L) | DBO <sub>5</sub> (mg/L) |
|------------|------------|-------------------------|
| Baño       | 184 - 633  | 76 - 300                |
| Lavandería | 725 - 1815 | 48 - 472                |
| Cocina     | 26 - 1380  | 5 - 1460                |

Fuente: Sierra, 2006

La concentración de nitrógeno total es menor en las AGD (0.6 –7.4 mg/L) en comparación con la concentración en las ARD (20-80 mg/L). La fuente principal de nitrógeno en aguas

domésticas, es la orina; en las aguas grises la principal fuente de nitrógeno proviene de la cocina (Sierra, 2006).

En cuanto al fósforo, la principal fuente de este compuesto en el agua gris son los detergentes (Sierra, 2006).

Con respecto a pH (potencial de hidrogeno), el ámbito característico encontrado en las aguas grises es de 6.50–8.50. El uso de jabones y detergentes pueden incrementar el pH. En agua grises proveniente de cocina, sin tratar, se han encontrado valores de 5.7 (Schneider, 2009).

### **2.2.3 Parámetros microbiológicos**

Según estudios, las aguas grises pueden contener un gran número de indicadores fecales, lo cuál puede ser un riesgo para la salud humana debido a la presencia de microorganismos patógenos. Su presencia en este tipo de aguas, proceden del aseo personal, lavado de manos, ropa, vegetales y carnes crudas, entre otros (Ochoa, 2007).

De acuerdo a Sierra (2006), se han encontrado que la concentración de organismos fecales (coliformes fecales) varía grandemente dependiendo de la fuente:

- Aguas residuales:  $10^6$ - $10^8$  unidades logarítmicas
- Agua gris de cocina:  $10^7$  unidades logarítmicas
- Agua de Lavandería:  $10^1$ - $10^4$  unidades logarítmicas
- Agua de baño (ducha, lavamanos): 0- $10^3$  unidades logarítmicas

## **2.3 Sistema de tratamiento para AGD**

### **2.3.1 Pretratamiento**

De acuerdo a INAA (2002), es el conjunto de unidades que tiene como finalidad remover las arenas, solidos gruesos, grasas y aceites excesivos que podrían perjudicar el sistema de tratamiento

Por otra parte, la NTON 05-027-05 (2006), aclara que es el destinado a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento tales como

grandes variaciones de caudal y la presencia de materiales flotantes como aceites, grasas y otros.

Los aspectos a considerar en esta parte del sistema son: el tiempo de retención hidráulica, la cual es demandada para la apropiada sedimentación o decantación de las partículas; tiempo de retención para una biodigestión; y el espacio necesario para la acumulación de materia (NTON, 2006).

### **2.3.2 Humedales**

Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

Pueden ser de flujo libre o superficial, los de flujo libre, por ejemplo, una laguna con plantas macrófitas y los de flujo sub-superficial los llamados humedales artificiales (NTON, 2006).

Se debe agregar que el Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambientales (CIEMA, 2005), define que los humedales son áreas que se caracterizan por tener un suelo saturado de agua y una comunidad viviente (plantas y animales), adaptados a la vida en agua o en un suelo saturado. El término humedal (*wetland*, en inglés), se usa para definir áreas que tienen tres componentes típicos:

- Presencia de agua, el área permanece inundada permanente o periódicamente con una profundidad de agua menor a 2 metros.
- Suelos característicos, los cuales son clasificados como hídricos.
- Vegetación, prevalecen las plantas macrófitas que están adaptadas a las condiciones hidrológicas y de suelo descritas anteriormente.

### **2.3.3 Clasificación de los humedales artificiales**

Los humedales se clasifican de acuerdo al régimen del flujo del agua:

### a) Humedal de flujo sub-superficial (HFSS)

Los sistemas de flujo sub – superficial, se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular, con una profundidad que depende de la profundidad que pueden alcanzar las raíces de las plantas. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas.

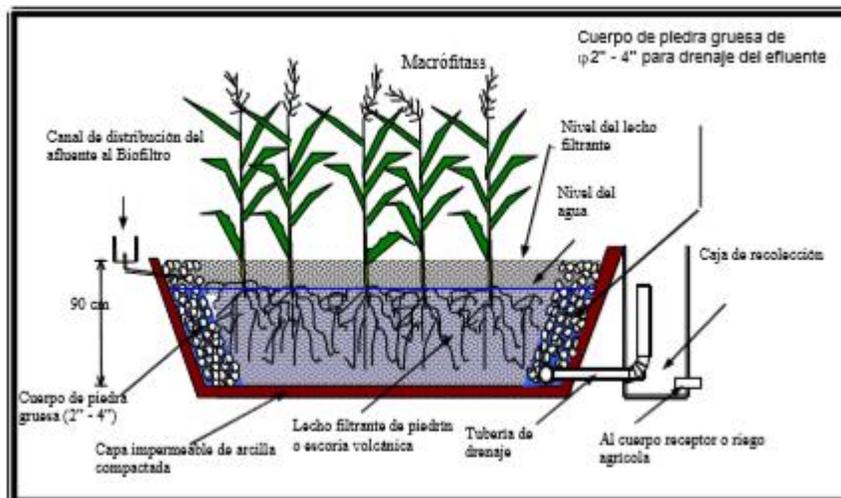
En función de su configuración hidráulica, pueden ser de flujo horizontal o flujo vertical.

- **Humedales de flujo horizontal**

Un humedal de flujo horizontal (HFH) consiste de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, rellenas con grava o piedra volcánica y sembradas con plantas macrófitas.

La siguiente ilustración muestra los principales componentes de un humedal de flujo horizontal:

**Ilustración 1.-** Humedal de flujo horizontal



Fuente: CIEMA, 2005

En este tipo de humedal, el agua gris fluye lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, en una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta que llegan a la zona de recolección del efluente. Durante este recorrido que dura normalmente varios días, el agua residual está en contacto con zonas aeróbicas y

anaeróbicas, de las cuales las zonas aeróbicas están ubicadas alrededor de las raíces de las macrófitas, mientras que las zonas anaeróbicas están ubicadas en las áreas lejanas a las raíces.

Durante el paso del agua gris a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la degradación microbiológica proporcionada por la biocapa que se forma en la superficie del material del lecho filtrante y por procesos fisicoquímicos.

Para mantener la eficiencia del sistema durante muchos años y evitar la obstrucción de los poros del lecho filtrante se necesita normalmente un pretratamiento eficiente, que incluye la separación de material grueso, nata flotante y sólidos sedimentables y suspendidos (CIEMA, 2005).

- **Características principales del humedal de flujo horizontal**

1. La cantidad de oxígeno transportado por medio de las hojas y tallos hacia las raíces de las macrófitas, es un factor limitante para la descomposición aeróbica en la rizósfera, dándose la nitrificación sólo a niveles bajos.
2. Las raíces de las macrófitas crecen vertical y horizontalmente, abriendo así una vía o ruta hidráulica a través de la cual fluye el agua.
3. Alto tiempo de retención, normalmente en el rango de 3-7 días.
4. Poca posibilidad de cortocircuitos en el régimen hidráulico, por la homogeneidad del lecho filtrante.

- **Humedales de flujo vertical**

Los humedales de flujo vertical (HFV) consisten en pilas de aproximadamente 1 m de profundidad, rellenas con grava o piedra volcánica, dispuestas en capas de diferente espesor y granulometría.

Estos son cargados intermitentemente, de esta manera, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos insaturados, estimulando el suministro de oxígeno (CONAGUA, 2015).

Hay posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama, matriz y los resultados que se han obtenido son prometedores. Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de

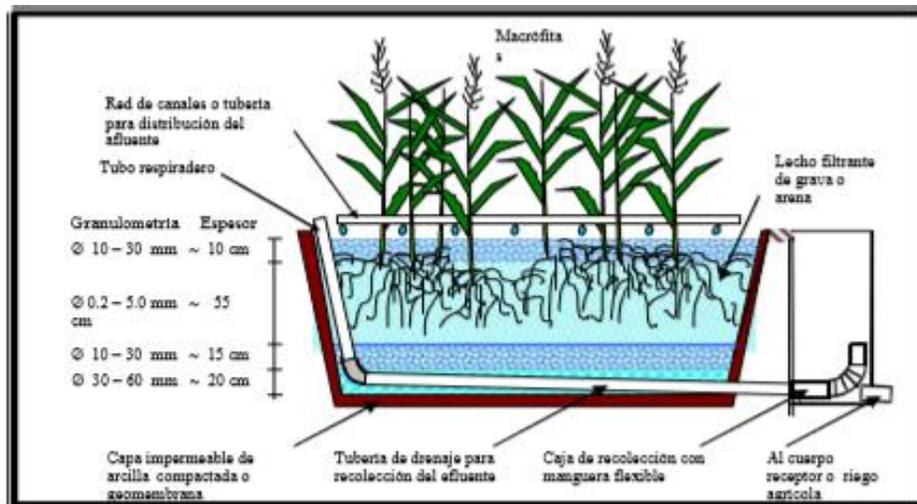
drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias.

Las plantas macrófitas sembradas en el medio granular también suministran oxígeno, pero su principal función es mantener la conductividad hidráulica en el lecho. Este tipo de humedal se utiliza fundamentalmente para lograr una buena nitrificación.

Adicionalmente, para favorecer las condiciones aerobias del medio poroso, se suele colocar un sistema de aeración con chimeneas, que son tuberías cribadas con salidas al exterior. A diferencia del humedal sub – superficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo (CONAGUA, 2015).

La siguiente ilustración muestra la conformación y los componentes principales de un humedal de flujo vertical:

**Ilustración 2.-** Humedal de flujo vertical



Fuente: CIEMA, 2005

Usualmente, los sistemas de flujo vertical son aplicados como tratamiento biológico de una etapa secundaria o terciaria. El sistema de flujo vertical puede también ser aplicado como una etapa de tratamiento terciario con el fin de remover nutrientes (mayormente nitrógeno) existentes en el efluente de una planta de tratamiento biológico convencional, como por ejemplo un sistema de lodo activados.

El sistema de recolección del efluente en un humedal de flujo vertical consiste generalmente de una red de tubos perforados de drenaje. Dependiendo del espesor del cuerpo saturado de agua en el sistema, el proceso de des-nitrificación dentro del lecho filtrante se realiza a diferentes niveles (CIEMA, 2005).

**- Características principales del humedal de flujo vertical**

1. Idealmente, el líquido debe inundar temporalmente la superficie y luego percolar gradualmente a través del lecho de forma descendente.
2. La frecuencia de la alimentación está en dependencia del tiempo que necesita una dosificación de agua para percolarse a través del lecho hacia el sistema de drenaje, dejando la mayoría de los poros rellenos con aire.
3. Bajo tiempo de retención.
4. Se necesita solamente entre 30 y 50 % del área requerida para la construcción de sistemas con flujo horizontal.
5. La biodegradación en el sistema no está limitada por el oxígeno, por lo cual es capaz de nitrificar a altos niveles.
6. Dependiendo del cuerpo que se deja saturado de agua, se puede influir el mecanismo de des-nitrificación dentro del lecho filtrante.
7. No presenta una eficiencia tan alta como el humedal de flujo horizontal en cuanto a remoción de sólidos suspendidos y gérmenes patógenos.
8. Se necesita un tanque de almacenamiento para las aguas pre tratadas y un mecanismo especial para lograr una dosificación intermitente y uniforme en toda el área del lecho filtrante, o la aplicación de un sistema rotativo para la alimentación de varias unidades.

**b) Humedal artificial de flujo superficial (HFS)**

Los sistemas de flujo superficial son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales.

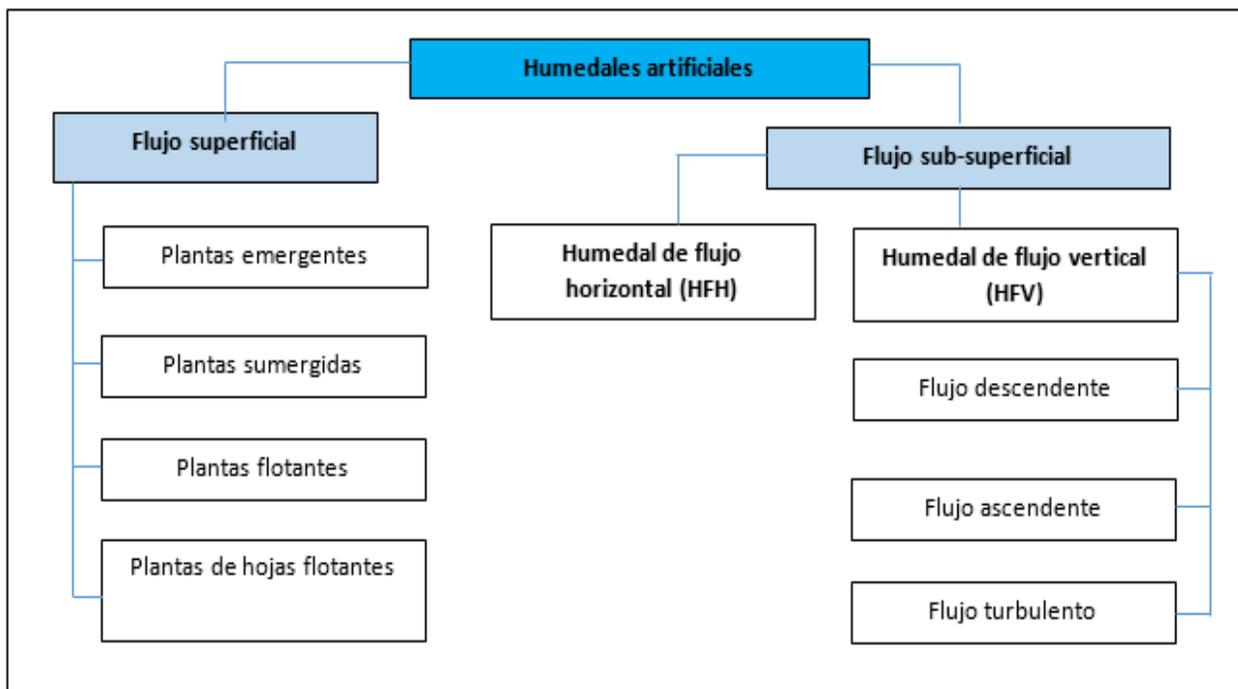
A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0.6 m) y tienen plantas. Estos sistemas requieren más área que los de tipo sub – superficial y son una alternativa

para cuando se requiere la remoción de nutrientes, en específico del fósforo (CONAGUA, 2015).

Con respecto a los HFSS, Lara (1999) cita que debido al lecho filtrante existente se obtienen mayores tasas de reacción y por lo tanto se requerirá de una menor área superficial que los HFS.

Se debe agregar que debido al flujo del agua por debajo de la superficie del medio granular, se evitan posibles problemas de criaderos de mosquitos, cosa que no sucede con los sistemas de flujo superficial, en donde estos insectos depositan sus huevecillos directamente sobre la superficie del agua. Igualmente se evitan problemas en climas fríos, ya que esta capa superficial no inundada, constituye una mayor protección térmica (CONAGUA, 2015).

**Figura 1.** Clasificación de los humedales artificiales



**Fuente:** Hoffman et al, 2011

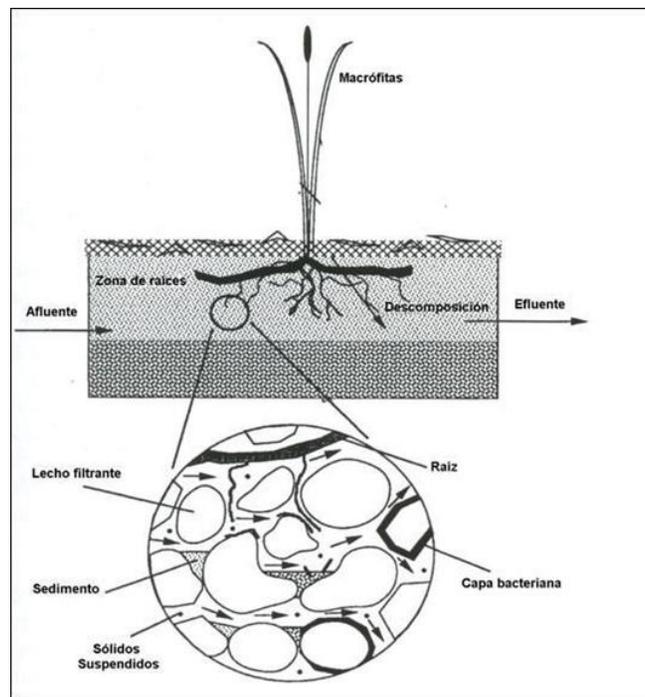
## 2.3.4 Componentes del humedal

### 2.3.4.1 Lecho filtrante

Es la capa granular que actúa como el mecanismo de filtración para la retención de sólidos suspendidos, proporciona el área de soporte para la formación de la capa de microorganismos que degradan aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante, además de constituir el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para su fijación y desarrollo (CIEMA, 2005).

El siguiente gráfico presenta los procesos que se llevan a cabo dentro del lecho filtrante durante el paso de las aguas grises pre tratadas en un HFH:

**Ilustración 3.-** Proceso de filtración



Fuente: CIEMA, 2005

### 2.3.4.2 Plantas macrófitas

Los procesos de remoción más importantes que ocurren dentro de un humedal se basan en procesos físicos y microbiológicos, pero las plantas macrófitas poseen varias funciones relacionadas con los procesos de tratamiento que las convierten en un componente esencial en el diseño (CIEMA, 2005).

El efecto más importante de las plantas macrófitas en relación a los procesos de tratamiento de las aguas residuales son los efectos físicos que el tejido de las plantas ayuda a incrementar, tales como el efecto de filtración y el área superficial que proveen para el crecimiento microbiano (CIEMA, 2005).

El metabolismo de las plantas macrófitas (consumo de nutrientes, liberación de oxígeno, entre otros) afecta los procesos de tratamiento en diferentes magnitudes en dependencia del diseño. Las plantas macrófitas tienen otras funciones dentro del sitio específico, tales como proveer un hábitat conveniente para la vida silvestre y proporcionar al sistema una apariencia estética (CIEMA, 2005).

- **Efectos físicos**

La presencia de vegetación distribuye y reduce las velocidades del agua creando mejores condiciones para la sedimentación de sólidos suspendidos, reduce el riesgo de re-suspensión y en sistemas de flujo vertical, la presencia de las macrófitas, junto a un régimen de carga intermitente, ayuda a prevenir la obstrucción del medio (CIEMA, 2005).

- **Área superficial para el crecimiento microbiano**

El crecimiento de las raíces dentro del lecho filtrante ayuda a descomponer la materia orgánica, pues provee un área superficial que es colonizada por densas comunidades de microorganismos formando una capa biológica, la cual es la principal responsable de la reducción de la carga contaminante que contienen las aguas residuales (CIEMA, 2005).

- **Consumo de nutrientes**

Las macrófitas consumen nutrientes principalmente a través del sistema de raíces; la capacidad de consumo de macrófitas emergentes que puede ser removida si la biomasa es recolectada está en el rango de 30 a 150 kg de P/ha año y 200 a 2500 kg de N/ha año.

### **2.3.5 Rango de aplicaciones**

De acuerdo con Hoffman et al. (2011), los humedales artificiales pueden ser utilizados para una variedad de aplicaciones:

- Tratamiento de aguas residuales municipales
- Tratamiento de ARD o AGD
- Tratamiento terciario de efluentes pre-tratados en plantas convencionales de aguas residuales
- Tratamiento de aguas residuales industriales (como lixiviados de rellenos sanitarios, compost, tratamiento de lodos, desechos de refinerías de petróleo, drenaje ácido de minas, desechos agrícolas, efluentes de fábricas de pulpa y de papel o fábricas textiles)
- Tratamiento y retención de aguas pluviales
- Tratamiento natural para agua de piscinas (sin cloro)
- Tratamiento natural de ríos y lagos contaminados.

## **2.4 Patógenos y su remoción en humedales artificiales**

Según Hoffman et al. (2011), los patógenos que se transmiten por las aguas residuales o aguas contaminadas (enfermedades transmitidas por el agua) son, por ejemplo:

- Bacterias: *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Shigella*, *Legionella*, *Leptospira*, *Yersinia*.
- Protozoos: *Entamoeba*, *Giardia* y *Cryptosporidium*.
- Helmintos (lombrices intestinales): *Ascaris*, *Enterobios*, *Tenia*, *Schistosoma*, *Trichuris*, *Fasciola*.
- Virus: Adeno-, Entero -, Hepatitis A-, Polio-, Rota-Virus

Las enfermedades que se manifiestan con mayor frecuencia son diarreas inespecíficas, con calambres y vómitos, náuseas, deshidratación o fiebre tifoidea, cólera o enfermedades respiratorias como el adenovirus.

### **2.4.1 Microorganismos**

El papel principal de los microorganismos es degradar aeróbicamente (en presencia de oxígeno) y anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno) la materia orgánica contaminante contenida en las aguas residuales, con lo cual la putrescibilidad en el humedal se reduce significativamente (CIEMA, 2005).

Los sólidos orgánicos suspendidos asociados con las aguas residuales entrantes se acumulan, pero son retenidos dentro del lecho filtrante por un largo tiempo y los constituyentes orgánicos son mineralizados por las bacterias. Los microorganismos también permiten la remoción de nitrógeno mediante el mecanismo de nitrificación–desnitrificación.

**Tabla 2.-**Concentraciones típicas de microorganismos y patógenos en aguas residuales crudas y domésticas.

| Concentración (NMP/100ml)             | Valores Típicos en el Mundo |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Coliformes fecales (termo-tolerantes) | 108-1010                    |
| Huevos de Helmintos                   | 10-103                      |
| Quistes de Giardia lamblia            | 102-105                     |
| Quistes de Cryptosporidium            | 10-104                      |

Fuente: Hoffman et al. 2011

**a) Coliformes totales:**

Son bacilos gran negativos no esporulados que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35° o 37° C, en un período de 24 a 48 horas (NTON, 2006).

- **Coliformes fecales:** Los microorganismos que tiene las mismas propiedades de los coliformes totales, a una temperatura de 44° o 45° C. También se les designa coliformes resistentes o termo-tolerantes (NTON, 2006).

Los coliformes fecales, al ser termo-tolerantes, se consideran un indicador de contaminación en aguas residuales o aguas grises, ya que la mayoría de microorganismos son mesófilos (temperatura de crecimiento optima entre 15° y 35°).

**b) Helmintos:**

Grupo de microorganismos que incluyen todos los gusanos parásitos y vida libre con forma y tamaños variados que inciden en la salud de la población (NTON, 2006).

Los helmintos son transmitidos por sus huevos o quistes, los que son resistentes a la desinfección con cloro y son relativamente grandes (10 a 100 micras). Por lo tanto, la sedimentación en el pre-tratamiento con un largo tiempo de retención en el estanque, seguido por la filtración en los humedales artificiales muestra buenos resultados de eliminación.

**c) Giardia lamblia:**

Es un protozoo y se encuentra en una amplia variedad de animales (donde vive en los intestinos en forma de trofocito) y en el agua (donde vive en forma de quiste). Comparte además otras propiedades comunes, como la gran supervivencia de los quistes, su presencia en las aguas potables y su dispersión por todo el mundo. Es el agente parasitario más probable entre los que infectan a personas en un país desarrollado.

La presencia de quistes de Giardia lamblia, es frecuente en cualquier ambiente acuático, aguas superficiales o aguas residuales, lo que ha hecho que se conviertan en parámetros a tener en cuenta como indicadores de la calidad biológica del agua.

Su capacidad para generar brotes se asocia con su resistencia a los procesos habituales de tratamiento de las aguas, siendo más resistentes a la desinfección que indicadores de contaminación fecal tradicionales como los coliformes fecales, ya que pueden permanecer viables en el agua durante largos periodos de tiempo (N. Abreu Acosta, 2002).

**d) Cryptosporidium:**

Es un protozoo patógeno entérico de amplia distribución ambiental, frecuente en hábitats acuáticos. La investigación y detección de estos parásitos en aguas ha adquirido importancia en los últimos años debido a que poseen formas de dispersión resistentes a los tratamientos habituales, aplicados tanto en procesos de potabilización como depuración, y que han sido clasificados como patógenos emergentes causantes de importantes brotes de transmisión hídrica (N. Abreu Acosta, 2002).

Cada etapa o unidad de tratamiento del sistema elimina algunos patógenos. En términos generales, los sistemas altamente cargados y con poco tiempo de retención hidráulica eliminan menos patógenos que los sistemas con baja carga y largos tiempos de retención.

**Tabla 3.-** Reducción de Microorganismos según el proceso de tratamiento (unidades logarítmicas  $Ig_{10}$ )

| Tratamiento              | Bacteria  | Helmintos | Protozoos | Virus     |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tratamiento Primario     | 0-1.00    | 0-1.00    | 0-1.00    | 0-1.00    |
| Digestión Anaeróbica     | 0.50-1.50 | 0.50-1.00 | 0-1.00    | 0-1.00    |
| Humedal Artificial       | 0.50-3.00 | 1.00-3.00 | 0.50-2.00 | 1.00-2.00 |
| Laguna de Estabilización | 1-6       | 1-3       | 1-4       | 1-4       |

Fuente: OMS, 2006

- **Tratamiento primario:** Tratamiento de aguas residuales mediante un proceso físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la  $DBO_5$  de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos en un 50% (NTON, 2006).
- **Laguna de estabilización:** Son excavaciones poco profundas que almacenan agua residual por un tiempo variable en función de la carga hidráulica aplicada y de las condiciones climáticas, de forma que la actividad de los microorganismos presentes en el agua. El proceso de depuración se debe a las reacciones biológicas químicas y físicas que ocurren en el medio acuático y que tienden a estabilizar el agua residual (NTON, 2006).

La eficiencia de remoción de patógenos depende del tiempo de retención y del material de filtrado: HFH son más eficientes que HFV, y la arena es siempre mucho más eficiente que la grava.

#### **2.4.2 Mecanismos de remoción de contaminantes en humedales**

Los humedales pueden eliminar un gran número de contaminantes incluyendo orgánicos (DBO<sub>5</sub> y DQO), materia en suspensión, nutrientes (nitrógeno y fósforo), trazas de metales pesados y microorganismos.

Los procesos que intervienen en la remoción de contaminantes mediante los humedales según Arias (2008) son:

- a. Físicos (filtración y sedimentación).
- b. Químicos (precipitación, hidrólisis, oxidación y reducción).
- c. Biológicos (interacción de especies vegetales, microorganismos adheridos a las raíces de las plantas).

Las especies vegetales, los microorganismos y el medio filtrante, son aspectos que tienen una influencia directa sobre estos procesos fisicoquímicos y biológicos (Larra, 1999).

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas grises:

1. Fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento (Larra, 1999).
2. Constituyen «fito-sistemas», porque emplean la energía solar a través de la fotosíntesis. Básicamente, se trata de captar la luz solar y transformarla en energía química, que es usada en su metabolismo para realizar funciones vitales.
3. Como consecuencia indirecta se remueven contaminantes de las aguas (CONAGUA, 2015).

Adicionalmente las especies vegetales liberan metabolitos que los microorganismos aprovechan como alimento. Las superficies de raíces, tallos y hojas ofrecen protección y hospedaje a los microorganismos. El resultado es una gran velocidad de degradación y remoción de contaminantes (CONAGUA, 2015). A continuación, se puntualizan algunos aspectos relevantes que se presentan en los humedales artificiales.

- a)** La remoción física de  $\text{DBO}_5$  se logra rápidamente mediante la sedimentación de materia orgánica en los espacios vacíos del medio de empaque. La materia orgánica soluble, sin embargo, se remueve a partir de la utilización como sustrato para los microorganismos que crecen en la superficie del medio o que se encuentran adheridos en las raíces y rizomas de las plantas que penetran el medio. Se esperan mínimas concentraciones de oxígeno disuelto sobre la superficie de las raíces de las plantas, pero en el resto del lecho se espera que las condiciones sean predominantemente anaerobias.
- b)** El mecanismo de remoción de nitrógeno en los humedales es la nitrificación – desnitrificación. El oxígeno requerido para la nitrificación se obtiene a partir de la atmósfera y a través de la transferencia de los rizomas, por tanto, la concentración de oxígeno disuelto es el factor limitante para llevar a cabo la nitrificación dentro del humedal. Aunque depende del diseño y operación, en humedales de flujo sub – superficial se espera una remoción máxima de entre 20 – 30 por ciento.
- c)** La remoción de fósforo en los humedales es consecuencia de procesos como asimilación, formación de complejos, reacciones químicas que generen compuestos precipitados y por acumulación de materia orgánica.
- d)** La función más importante de las plantas macrófitas con respecto del tratamiento del agua residual está relacionada con los aspectos físicos del lecho. Las macrófitas estabilizan la superficie del medio de empaque, proveen condiciones adecuadas de filtración, aíslan la superficie del humedal durante las temporadas frías y provee una enorme área superficial de adherencia para el crecimiento de microorganismos.

Contrariamente a lo que se cree, el crecimiento de las plantas no incrementa la conductividad hidráulica del medio y finalmente provee de oxígeno disuelto a través de los rizomas (CONAGUA, 2015).

**Tabla 4.-** Mecanismos de remoción de contaminantes en humedales de flujo sub – superficial

| Contaminante  | Mecanismo   |
|---|---|
| Materia orgánica (medida como DBO <sub>5</sub> , DQO) | La materia orgánica particulada es eliminada por la sedimentación y filtración, luego convertidas a DBO <sub>5</sub> soluble. La materia orgánica soluble es fijada y asimilada por la bio-película y degradadas por las bacterias adheridas en esta. |
| Sólidos suspendidos totales                           | Sedimentación y filtración.<br>Descomposición durante los largos tiempos de retención por bacterias especializadas en el lecho de arena.  |
| Nitrógeno   | Nitrificación–desnitrificación en la bio-película.<br>Asimilación de las especies vegetales (influencia limitada).  |
| Fósforo   | Retención en el lecho de arena.<br>Precipitación con aluminio, hierro y calcio.<br>Asimilación de las especies vegetales (influencia limitada).   |
| Patógenos   | Sedimentación y filtración.<br>Asimilación en la bio-película. Depredación por protozoarios.  |
| Metales pesados                                       | Precipitación y Asimilación.<br>Asimilación de las especies vegetales (influencia limitada)   |
| Contaminantes orgánicos                               | Asimilación por la bio-película y partículas de arena.<br>Descomposición debido a lo largo del tiempo de retención hidráulica y a las bacterias especializadas del suelo (no calculable).   |

Fuente: CONAGUA, 2015

- **Materia Orgánica**

Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales, se mide generalmente en función de la Demanda Biológica de Oxígeno (BDO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) (NTON, 2006).

- ✓ **Carga orgánica**

Es el producto de la concentración de DBO<sub>5</sub> y el caudal medio.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno disuelta en el agua y utilizada por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Medida de capacidad de consumo de oxígeno por la materia orgánica presente en el agua o agua residual se expresa como la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química.

Los compuestos orgánicos son en su mayor parte, degradados aeróbicamente por bacterias ligadas a las plantas y a la superficie del lecho filtrante. La degradación anaeróbica puede ser también muy importante para algunos residuos y predominan en sistemas sobrecargados orgánicamente. El oxígeno requerido para la degradación aeróbica es suplido directamente de la atmósfera por difusión o por medio de las raíces de las macrófitas.

El consumo de materia orgánica por parte de las plantas macrófitas es despreciable comparado con la degradación biológica. Para reproducirse y funcionar propiamente, un organismo debe tener una fuente de energía, carbono para la síntesis de nuevo material celular y elementos inorgánicos (nutrientes) tales como nitrógeno, fósforo, sulfuro, potasio, calcio y magnesio. Pueden requerirse también algunos nutrientes orgánicos (CIEMA, 2005).

Organismos que usan carbono orgánico para la formación de tejido celular son llamados heterótrofos. Organismos que producen células de carbono del dióxido de carbono son

llamados autótrofos. Ambos grupos usan luz o una reacción química de oxidación reducción como una fuente de energía para la síntesis de las células.

Si el mayor objetivo del tratamiento es la reducción del contenido orgánico, los organismos heterotróficos son de importancia primaria debido a su requerimiento de material orgánico como una fuente de carbono y a su más alta proporción metabólica (CIEMA, 2005).

- **Sólidos suspendidos**

Los sólidos suspendidos y sedimentables que no son removidos en los sistemas de pre tratamiento, son removidos efectivamente en el humedal, por sedimentación y filtración. Ambos procesos son mejorados por la coagulación de partículas en un agua residual (CIEMA, 2005).

La sedimentación es la separación, por deposición gravitacional, de partículas suspendidas que son más pesadas que el agua. La sedimentación ocurrirá en las áreas quietas del sistema. Las macrofitas, emergentes o no, ayudan a estos procesos (CIEMA, 2005).

Las partículas, cuando entran en un humedal de flujo sub superficial, quedan retenidas principalmente por tres motivos:

- a) Las constricciones del flujo producidas por el medio granular.
- b) La baja velocidad del agua.
- c) Las fuerzas de adhesión entre partículas.

A estos procesos físicos se les denomina filtración del medio granular.

Por tanto, la eliminación de la materia en suspensión en estos sistemas ocurre fundamentalmente por una combinación de mecanismos físicos. Después que la materia en suspensión es retenida en el humedal, comienza a degradarse y así representa una fuente interna de materia orgánica.

- **Nitrógeno**

El nitrógeno orgánico está en general asociado a la materia en suspensión presente en el agua residual, por tanto, se elimina en gran parte por la retención de esta materia. Los compuestos orgánicos que contienen nitrógeno se degradan para producir amonio.

El mayor mecanismo de remoción de nitrógeno es la nitrificación y desnitrificación. El amonio es oxidado a nitrato por las bacterias nitrificantes en zonas aeróbicas.

El oxígeno requerido para la nitrificación es suplido por difusión de la atmósfera y por medio de las raíces de las macrófitas.

El nitrógeno es también tomado por las plantas e incorporado en la biomasa. Otros mecanismos de remoción incluyen volatilización y adsorción. Sin embargo, estos mecanismos son generalmente de menor importancia que la nitrificación – desnitrificación (CIEMA, 2005).

- **Fosforo**

El fósforo está presente típicamente en aguas residuales como ortofosfato, ortofosfato deshidratado (polifosfato) y fósforo orgánico. La oxidación biológica conduce a la conversión de la mayoría del fósforo a las formas de ortofosfato (CIEMA, 2005).

La eliminación del fósforo en humedales de flujo sub-superficial se puede dar por procesos bióticos y abióticos.

- a) Los bióticos incluyen la asimilación por las plantas y microorganismos, y la mineralización de los restos de vegetación y del fósforo orgánico.
- b) Los abióticos incluyen la sedimentación, la adsorción por el suelo y los intercambios entre el suelo y el agua residual que circula.

No obstante, la eliminación del fósforo es difícil en cualquiera de los sistemas de depuración normalmente utilizados, y los humedales no son la excepción. Su eliminación resulta complicada debido a la escasa movilidad que presentan los compuestos que contienen el fósforo.

- **Degradación aeróbica**

Es la descomposición bioquímica de materia orgánica presente en aguas residuales por microorganismos en la presencia de oxígeno (NTON, 2006).

Con respecto a la degradación de químicos solubles orgánicos es gobernada por dos grupos de microorganismos: los quimioheterótrofos, que oxidan la materia orgánica y liberan amonio; y los quimioautótrofos, los cuales oxidan el nitrógeno amoniacal a nitrato y nitrito (nitrificación).

Ambos grupos consumen materia orgánica pero la proporción metabólica más rápida de los heterótrofos significa que ellos son los principales responsables de la reducción de la DBO<sub>5</sub> en el sistema. Si el oxígeno no está limitado, la degradación aeróbica dependerá de la cantidad de materia orgánica activa disponible para los organismos (CIEMA, 2005).

Las bacterias aeróbicas obtienen, con un mismo sustrato, más energía que las bacterias anaeróbicas. En consecuencia, es conveniente favorecer condiciones ambientales que fomenten la vía aeróbica, sin embargo, en estos sistemas, debido a la saturación e inundación del suelo, el oxígeno tiende a ser muy deficiente, lo que favorece el predominio de vías anaeróbicas (CIEMA, 2005).

- **Degradación anaeróbica**

Es la descomposición bioquímica de la materia orgánica presente en las aguas residuales mediante microorganismos en ausencia de oxígeno con la producción de gas metano y dióxido de carbono (NTON, 2006).

En primera instancia las bacterias formadoras de ácido convierten la materia orgánica en nuevas células, ácidos y alcoholes.

A continuación, un segundo grupo de bacterias, las bacterias formadoras de metano, continúan la oxidación utilizando nuevamente parte de la materia orgánica para sintetizar nuevas células, pero convirtiendo el remanente a metano y dióxido de carbono.

Las bacterias formadoras de ácido son adaptables pero las formadoras de metano son más sensibles y solamente operarán en el ámbito de pH de 6.5 a 7.5. Una excesiva producción de ácido por las bacterias formadoras de ácido puede resultar en un bajo pH, deteniendo la acción de las formadoras de metano y produciendo malos olores. La degradación anaerobia predomina en sistemas sobrecargados orgánicamente (CIEMA, 2005).

- **Amonificación (mineralización)**

La materia orgánica que contiene nitrógeno es fácilmente mineralizada en ambas zonas (anóxica y aeróbica) a nitrógeno amoniacal. Este proceso es llamado amonificación.

- **Nitrificación biológica**

La nitrificación es un proceso químico autótrofo. La energía para el crecimiento bacteriano es derivado de la oxidación del amonio y dióxido de carbono, el cual es usado para síntesis de nuevas células. Dos géneros microbianos son los responsables de la nitrificación microbiana, Nitrosomonas y Nitrobacter. En el primer paso, el nitrógeno amoniacal es convertido a nitrito; en el segundo paso, el nitrito es convertido a nitrato.

Se necesitan aproximadamente 4.3 mg de O<sub>2</sub> por mg de nitrógeno amoniacal oxidado a nitrógeno de nitrato (CIEMA, 2005).

- **Desnitrificación biológica**

La remoción de nitrógeno en la forma de nitrato por conversión a gas nitrógeno se realiza biológicamente bajo condiciones anóxicas (donde no hay oxígeno disuelto presente pero el oxígeno está disponible de fuentes como el nitrato, nitrito o sulfato). Este proceso se llama desnitrificación. Hay varios géneros de bacterias heterotróficas que reducen el nitrato, siendo un proceso de dos etapas. El primero paso es la conversión de nitrato a nitrito, seguido por la producción de óxido nítrico, óxido nitroso y gas nitrógeno.

La eliminación de nitratos por medio de humedales de flujo sub-superficial es muy efectiva ya que siempre hay zonas anóxicas favorables.

Por lo general en las aguas residuales la especie química de nitrógeno predominante es el amonio. Por tanto, la contribución en la eliminación de nitrógeno por desnitrificación depende del proceso de nitrificación. Es decir, cuanto más amonio pueda nitrificar el sistema, más desnitrificación se podrá llevar a cabo.

- **Consumo de plantas**

Las macrófitas consumen nitrógeno en su estado mineralizado y lo incorporan a su biomasa. Este es un mecanismo de tratamiento que es significativo únicamente a cargas bajas de nitrógeno (CIEMA, 2005).

- **Patógenos**

Los patógenos son removidos durante el paso de agua residual a través del sistema principalmente por sedimentación, filtración y adsorción por la biomasa. Una vez que estos organismos son atrapados dentro del sistema, su número cae rápidamente por los procesos de mortalidad natural y depredación.

El sistema ofrece una combinación conveniente de factores físicos, químicos y biológicos para la remoción de organismos patógenos. Los factores físicos incluyen sedimentación y filtración mecánica. Los factores químicos incluyen oxidación, exposición a biocidas excretados por algunas plantas y absorción a materia orgánica. Los mecanismos biológicos incluyen antibiosis, depredación por nematodos y protistas, ataque por bacterias y virus y mortalidad natural (CIEMA, 2005).

## **2.5 Normas de vertido de aguas residuales**

### **2.5.1 Decreto 33-95**

En Nicaragua las evaluaciones a la descarga de agua residual proveniente de los sistemas de tratamiento están reglamentadas por las Disposiciones para el control contaminación provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias conocido como Decreto 33 – 95. Por lo que es responsabilidad del estado que los nicaragüenses habiten en un ambiente saludable mediante la protección de los ecosistemas y del medioambiente y así mismo velar por el aprovechamiento sostenible del recurso agua (INAA, 1995).

#### **2.5.1.1 Decreto 21-2017**

En el presente año (2018), entro en vigencia el Decreto 21-2017 que tiene por nombre “Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales”, en este decreto se modificaron los límites máximos permisibles establecidos en el decreto 33-95 y se agregaron valores para parámetros que antes no se especificaban en el mismo.

## **2.5.2 Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso (NTON 05-027-05)**

En esta norma se establecen las disposiciones y regulaciones técnicas ambientales para la ubicación, operación y mantenimiento, manejo y disposición final de los desechos líquidos y sólidos generados por los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias; incluyendo el reúso de las aguas tratadas.

Esta norma es aplicada a todo el territorio nacional y de cumplimiento obligatorio para todas las personas natural o jurídica, públicas o privadas que realizan actividades de las cuales se deriven, se utilicen y se dispongan los efluentes líquidos o aguas residuales tratadas (NTON 05-027-05, 2006).

### **2.5.2.1 Reúso de las aguas tratadas**

**Tipo 1.** Reúsó agrícola y/o forestal: para efectos de este tipo, se ha subdividido en tres categorías:

- a. Categoría A: con restricción, riego de cultivos que se consumen crudos y que existe contacto directo con el agua y la tierra, tales como legumbres, hortalizas, frutos rastreros.
- b. Categoría B: Riego con restricción media para cultivos, cuyo fruto comestible crece sin contacto con la tierra (suelo) o con las aguas recuperadas (aguas residuales tratadas), como el frijol, maíz, trigo, arroz, caña de azúcar (consumo directo), y de cultivos no comestibles, arbustos, algodón y plantas ornamentales.
- c. Categoría C: De menor restricción, para cultivos perennes y algunos temporales, cuya planta y fruto no tiene ningún contacto con el agua tratada, como: caña de azúcar (para uso industrial), los bosques, árboles frutales, como cacao, naranja, mandarina, limón.

**Tipo 2.** Reúsó urbano: debe entenderse por reúso urbano el riego de zonas verdes, campos deportivos, parques, cementerios y calles (NTON 05-027-05, 2006).

## **2.6 Estudio y evaluación de impacto ambiental**

### **2.6.1 Sistema de evaluación ambiental (Decreto 76-2006)**

El presente decreto tiene por finalidad, establecer las disposiciones que regulan el sistema de evaluación ambiental de Nicaragua.

Este decreto es aplicable a, planes y programas de inversión sectorial y nacionales, de conformidad con el artículo 28 de la ley N° 290, ley de organizaciones, competencias y procedimientos del poder ejecutivo. De igual manera aplica en actividades, proyectos, obras e industrias sujetos a realizar estudios de impacto ambiental (MARENA, 2006).

#### **2.6.1.1 Estructura del sistema de evaluación ambiental**

De acuerdo al **Arto 5.-** “Estructura del sistema de impacto ambiental”, el sistema de evaluación ambiental de Nicaragua, está compuesto por:

1. La evaluación ambiental estratégica.
2. La evaluación ambiental de obras, proyectos, industrias y actividades.

La evaluación ambiental de obras, proyectos, industrias y actividades está compuesta por categorías ambientales que son resultados de un tamizado o cribado. Las categorías ambientales son las siguientes:

- a) Categoría ambiental I: Proyectos, obras, actividades e industrias que son considerados como proyectos especiales.
- b) Categoría ambiental II: Proyectos, obras, actividades e industrias, que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como alto impacto potencial.
- c) Categoría ambiental III: Proyectos, obras, actividades e industrias, que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como moderado impacto ambiental potencial (MARENA, 2006).

## **2.7 Costo y presupuesto**

Todo presupuesto de obra está formado por una serie de partidas o capítulos, que agrupan un concepto de obra o actividades, formuladas con una secuencia lógica y conveniente, desde el punto de vista constructivo o para efectos de pago.

Cada partida, como ya se anotó está conformada por conceptos de obra, mismos que constituyen la parte más importante del presupuesto para fines de medición y pago, y en algunos casos, dependiendo de la integración de los conceptos, para fines de programación de la ejecución de la obra a nivel de actividades (DISM, 2010).

### **2.7.1 Precio unitario**

Es la remuneración o pago total que debe cubrirse por cada unidad de concepto de trabajo terminado, ejecutado conforme a las especificaciones técnicas de construcción correspondiente. Cada precio unitario está integrado por Costos Directos y Costos Indirectos que constituyen el precio de cada concepto de obra (DISM, 2010).

### **2.7.2 Costos directos**

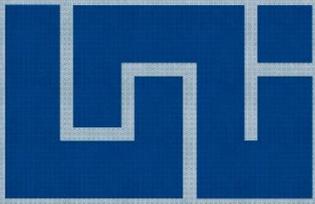
Es el conjunto de erogaciones que tienen aplicación en un producto determinado. Está compuesto por la suma de los gastos de: materiales, mano de obra, equipos y herramientas. La integración del costo de materiales en un precio unitario o en un presupuesto implica considerar su valor dependiendo del tiempo y lugar de su adquisición. Por ello se deben analizar los posibles elementos que lo integrarán ya puesto en obra (DISM, 2010).

### **2.7.3 Costos indirectos**

Son aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado y se considera como la suma de gastos técnicos administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo. El costo indirecto se divide en tres grandes grupos, el costo indirecto de operación, el costo indirecto de cada una de las obras y los cargos adicionales (DISM, 2010).

- a) Costo indirecto de operación: es la suma de gastos, que, por su naturaleza, son aplicables a todas las obras efectuadas en un lapso determinado.

**b)** Costo indirecto de obra: es la suma de todos los gastos, que, por su naturaleza, son de aplicación a todos los conceptos de una obra especial.



*Líder en Ciencia y Tecnología*

## **CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO**

**“El agua es el vehículo de la naturaleza”**

**-Leonardo Da Vinci**



### **CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO**

La comunidad Paso Ancho, ejemplifica a simple vista la problemática referida a la inadecuada o inexistente disposición de aguas grises.

Por tanto, se consideraron una serie de factores tales como: condiciones socio-económicas, densidad poblacional, cambios climáticos, topografía, condiciones sanitarias, preservación ambiental, entre otras; y se buscaron alternativas no convencionales, para brindar una solución factible, de bajo costo y que tuviera una incidencia mínima en el ambiente.

Todas estas consideraciones se ven conjugadas en la alternativa para el tratamiento de aguas grises por medio de humedales artificiales. Proyecto que se presenta a nivel de piloto, con tres unidades demostrativas.

#### **3.1 Presentación y planificación**

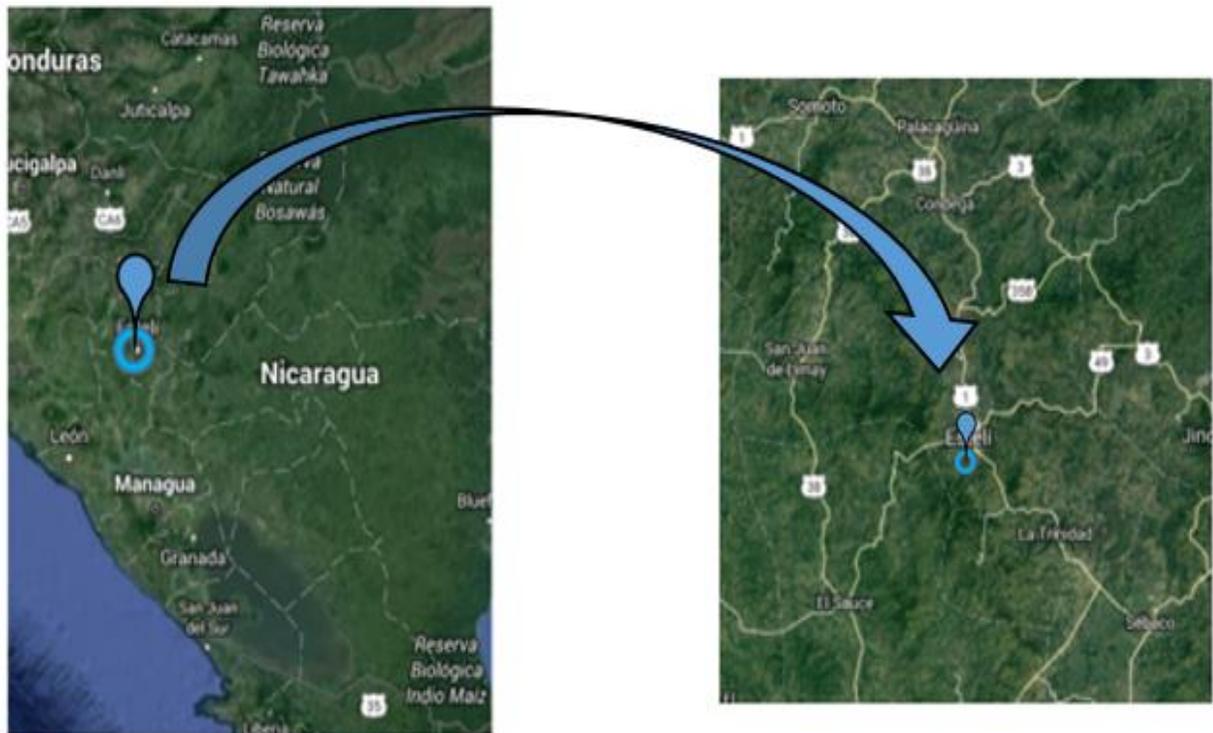
Una vez realizado el acuerdo de cada una de las partes involucradas en el proyecto. Se realizó una visita a la comunidad, con el fin de interactuar con las autoridades y hacer un reconocimiento del sitio para determinar características del terreno, disponibilidad de espacio, verificación de las salidas de agua, la cantidad de habitantes y el consumo de agua.

Con el levantamiento realizado y los datos obtenidos, se procedió a realizar un diseño correspondiente para el sitio, particularmente, en donde se analizó en base a parámetros de diseño necesarios para dimensionar adecuadamente el sistema de acuerdo a metodología EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente; en inglés, Environmental Protection Agency; más conocida por las siglas EPA,2000), CONAGUA (Comisión Nacional del Agua,2015), CIEMA (Centro de Investigación y Estudios del Medio Ambiente,2005).

El diseño permitió determinar los costos de construcción y el presupuesto del proyecto. Esta información se remitió a La Universidad de Salamanca, y se emitió una lista de materiales para que se suministrasen a fin de iniciar con la ejecución física del proyecto.

### 3.1.1 Localización

Ilustración 4.-Ubicación general

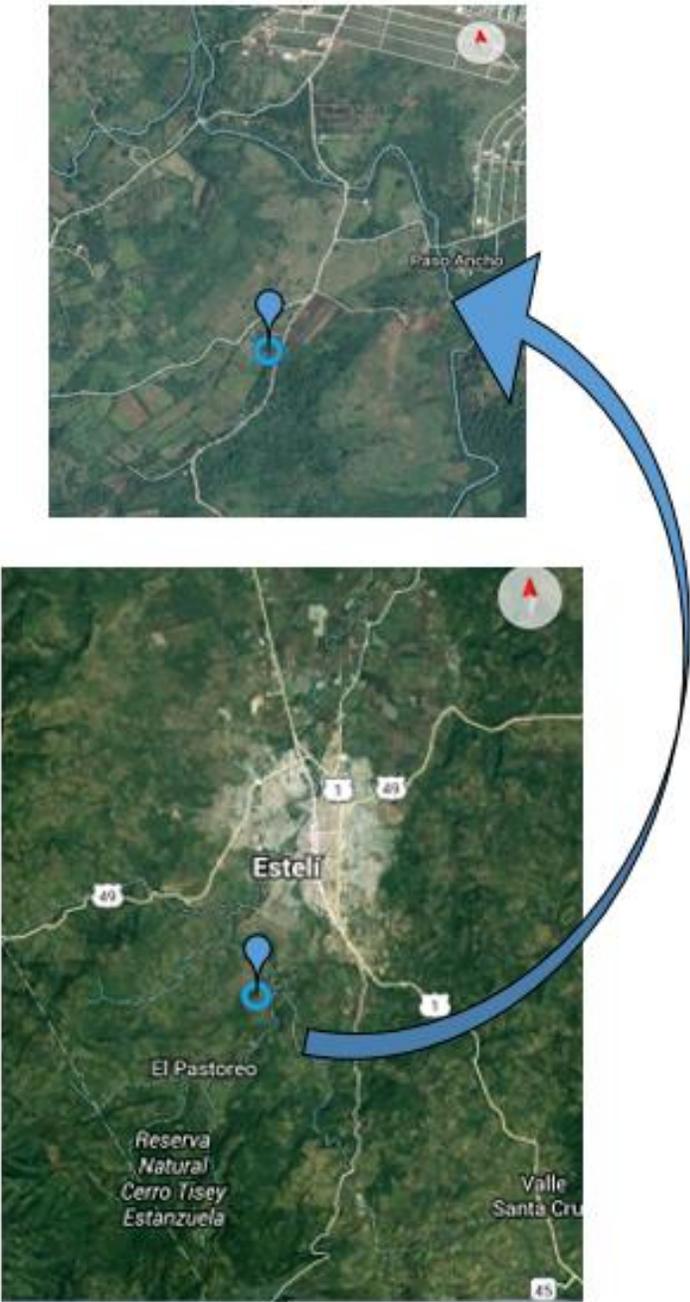


Fuente: Adaptado de Google Maps, 2017

### 3.1.2 Macro localización y Micro localización

La Comunidad Paso Ancho se encuentra ubicada a cinco kilómetros del casco urbano del municipio de Estelí, exactamente a  $13^{\circ}03'33.05$  de latitud Norte y a  $86^{\circ}22'24.75$  de longitud Oeste.

**Ilustración 5.-Macro localización y Micro localización**



Fuente: Adaptado de Google Maps, 2017

### **3.2 Descripción del sistema de tratamiento**

La construcción de estas unidades demostrativas, se llevó a cabo con el propósito principal de ofrecer una solución al tratamiento y disposición de aguas grises generadas en la comunidad de Paso Ancho.

Este proyecto se desarrolló a nivel de piloto con el fin de estimar los costos económicos de la construcción del sistema y evaluar su eficiencia de acuerdo al Decreto 33-95, y así, contar con información real que sirva de base para una proyección de implementación masiva del sistema.

Es importante subrayar que el proyecto es de carácter investigativo, con el propósito de obtener valores cuantitativos reales, estos se utilizaran como fundamento para una proyección de implementación masiva de estos tres tipos de plantas en futuros sistemas.

El arreglo para este sistema cuenta con dos unidades, la primera cumple la función de pretratamiento (trampa de grasas) y la segunda funciona como tratamiento primario mediante un humedal artificial.

La primera unidad está compuesta por dos recipientes plásticos con capacidad de 250 lt, en estos se separan los sólidos tanto flotantes como aquellos que pueden decantarse o sedimentarse, acumulándose en la parte inferior de los recipientes y así evitar la obstrucción de la segunda unidad, esta última está compuesta por los siguientes elementos: lecho filtrante y plantas macrófitas.

Los humedales como unidades de tratamiento son muy sencillos y funcionan como filtros ya que el flujo del agua se da a través de material filtrante granular, así como unidades biológicas, dada la participación de las plantas al extraer materia orgánica y nutrientes, como también por la inoculación de oxígeno al agua que realizan estas plantas por medio de sus raíces.

Las bacterias, responsables de la degradación de la materia orgánica, utilizan la superficie del lecho filtrante para la formación de una biopelícula bacteriana y de esta manera existe en el filtro una población bastante estable de microorganismos. Adicionalmente, se puede considerar el efecto que tiene la evapotranspiración generada

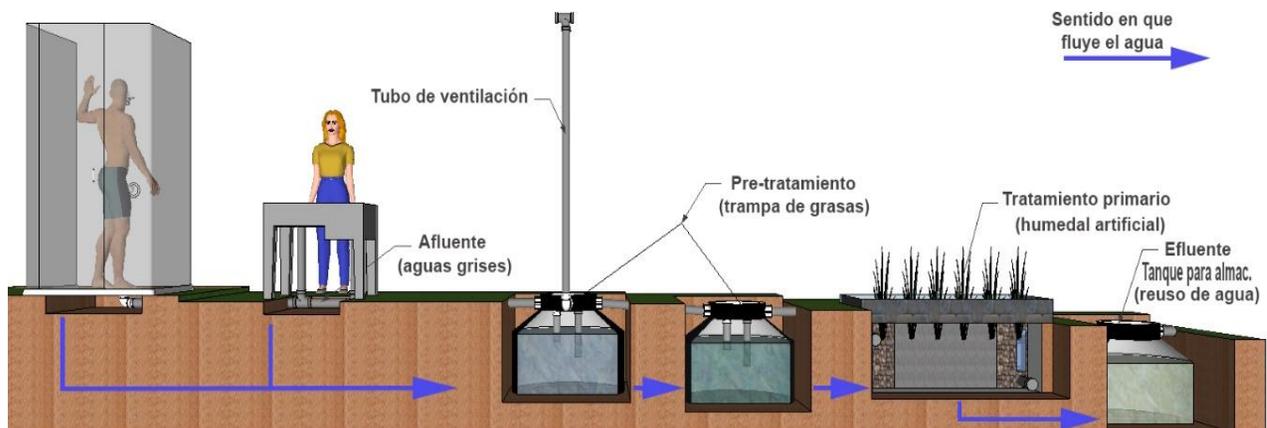
por las plantas y las condiciones del sitio, ya que debido a esto se vuelve posible remoción adicional de agua.

### 3.3 Componentes del sistema

#### 3.3.1 Unidades de tratamiento

Los aspectos que se tomaron en cuenta para el diseño de las unidades son: el tiempo de retención hidráulica, la cual es demandada para la apropiada sedimentación o decantación de las grasas; tiempo de retención para una biodigestión; y el espacio necesario para la acumulación de materia.

**Ilustración 6.-**Flujograma de unidades componentes de sistema de tratamiento (izquierda a derecha)



Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.2 Pretratamiento

El sistema cuenta con una unidad de pretratamiento, esta, de acuerdo a las recomendaciones en el “Manual para la construcción de Biojardineras” elaborado por Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA, 2006), debe constar al menos de dos recipientes, así se obtienen mayores distancias y “obstáculos en el recorrido”, proporcionando una mejor sedimentación, así también se disminuye la velocidad con que las AGD son emanadas, resultando un flujo tipo pistón, este favorece la distribución de las aguas en todo lo ancho del humedal.

Paralelamente a las acciones antes mencionadas, se producirá una separación de grasas y detergentes mediante la diferencia de pesos específicos. Se debe tener en

cuenta que el volumen de la unidad de pretratamiento esta relacionado proporcionalmente a la cantidad de personas en la vivienda.

Esto significa que por lo general el recipiente, al ser más alto de lo necesario puede contener más volumen. Este volumen será definido por la posición a la que se coloquen las "T".

Por consiguiente, se procedió a la colocación de dos recipientes en el sitio donde se emplazó el sistema, los recipientes usados son tanques Rotoplas bicapa de 250 litros de capacidad, ver **Ilustración 7**, para obtener una mayor retención de los residuos sólidos en el pretratamiento.

Cada tanque para pretratamiento cuenta con tuberías de PVC de 2 pulgadas como se observa en la **Ilustración 8**, que conducen las aguas grises de una unidad a otra. En el interior del recipiente tanto en la tubería de entrada como de salida de cada recipiente se colocaron unas "T".

Sin embargo, se debe tener muy claro que el asunto no solo es colocar las "T", sino de prolongar la longitud de estas una cierta distancia hacia abajo, dentro de los líquidos, para que la efectividad de la pantalla sea mayor.

Además, éstas "T" evitan que, al ingresar el agua, la capa de grasa que se forma sobre los líquidos acumulados se perturbe y escape hacia la siguiente unidad. En la primera unidad de pre-tratamiento, existe una línea de ventilación para los gases provenientes de la digestión a una altura considerable (ACEPESA, 2006).

**Ilustración 7.- Unidades de pretratamiento**



Unidades de pretratamiento para

**H-03**



Unidades de pretratamiento para

**H-02**



Unidades de pretratamiento para

**H-01**

**Fuente:** Propia

### **Ilustración 8.-** Componentes de las unidades de pretratamiento



Primer tanque de la unidad de pretratamiento



Segundo tanque de la unidad de pretratamiento

Fuente: propia

#### **3.3.3 Humedales**

Una vez que las aguas grises han pasado por cada unidad de pretratamiento, se conducen hacia el humedal mediante una tubería de PVC de 2 pulgadas. En el humedal la circulación del agua es subterránea a través de un medio poroso (suelo, arena o grava), en este caso grava además de piedra bolón colocada en los extremos del sistema, tal como se muestra en la **Ilustración 10**.

Las dimensiones del humedal corresponden al diseño realizado para la unidad demostrativa.

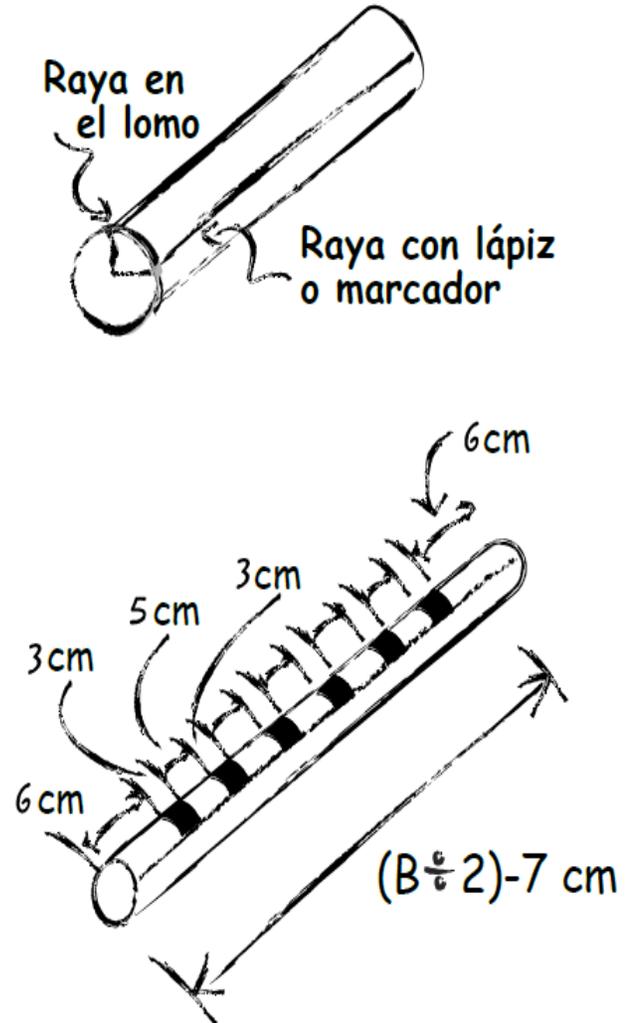
En el sistema, se colocó en la entrada una “T”, esta cuenta con tubería en cada extremo de la “T”, con perforaciones en todo lo ancho de la sección para procurar una descarga uniforme de flujo, de igual manera en el otro extremo se le colocó también una “T”, con una tubería en cada extremo, de igual modo esta contiene perforaciones.

Estas perforaciones están la primera a 6 cm de la “T” como se muestra en la **Ilustración 9**, en la entrada y salida del humedal, con un ancho de 3 cm, la siguiente ranura a 5 cm de la anterior, hasta llegar al final de esa pieza de tubo, la que en la salida está dispuesta a recoger el agua que circula por toda la sección transversal.

### Ilustración 9.- Tubería para el humedal con perforaciones



Fuente: Propia

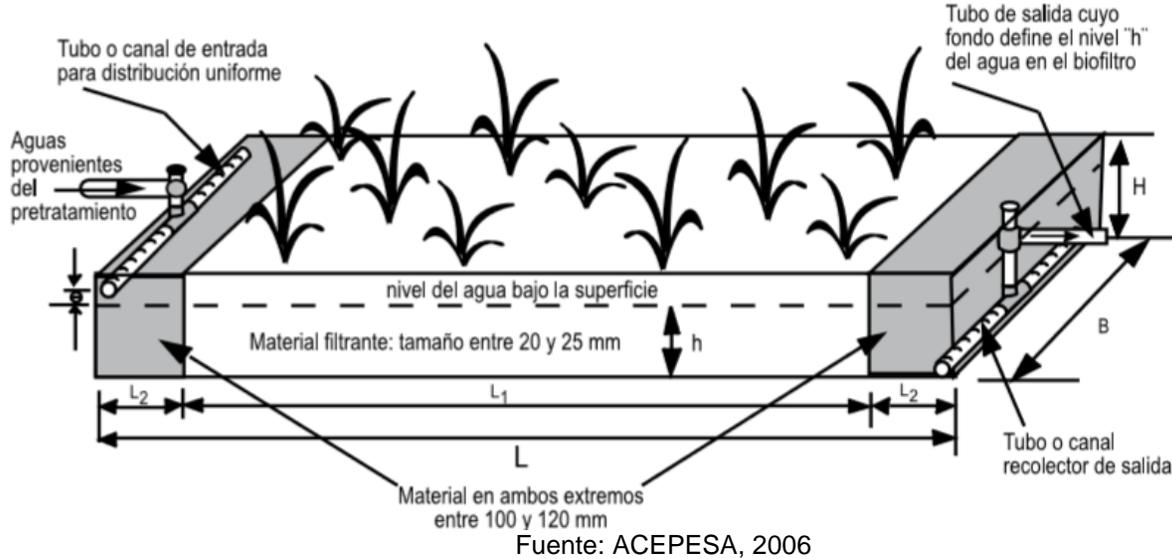


Fuente: ACEPESA,2006

La profundidad de la tubería de entrada siempre debe estar más alta que el nivel o posición del ducto de salida. Esto permite el gradiente hidráulico requerido para que haya flujo.

El lecho filtrante del sistema está constituido de piedra bolón colocados en los extremos del sistema, así como de piedra cuarta colocada en la sección central del humedal. Tal y como se muestra en la **Ilustración 10**, con los valores indicados en la **Tabla 5**, para cada caso en particular.

## Ilustración 10.-Dimensiones y distribución de Lecho filtrante en humedales artificiales



Según ACEPESA (2006), para que el sistema de tratamiento verdaderamente funcione, se requiere que las plantas hayan crecido lo suficiente y tejido una red subterránea de raíces. Al principio, se estará dando la filtración del agua en forma solo física, al pasar por el material de filtrado que se colocó.

Luego, ese filtrado primario se complementa con el filtrado biológico que permiten las redes de raíces que se forman con el tiempo. De esa manera, las raíces extraen materia orgánica y nutrientes (compuestos con nitrógeno o fósforo) que estén contenidos en las aguas bajo tratamiento.

La elección de dichas plantas se realizó tomando en consideración referencias bibliográficas, en cuanto a la incidencia de la planta en los procesos de saneamiento de agua o depuración de contaminantes; como también la disponibilidad de la especie de planta en la zona.

Según lo antes mencionado, se utilizaron las plantas que se mencionan a continuación:

- **Para el primer sistema (H-01) propiedad de la familia Peralta-Mendoza (Miguel Peralta y Karen Mendoza)**

En este sistema se usó la especie ornamental Cala, resulta ser eficiente con respecto a la remoción de  $DBO_5$  y nutrientes (nitrógeno y fósforo) (Morales, 2013).

- **Para el segundo sistema (H-02) propiedad de la familia Peralta-Gutiérrez (Juan Peralta y Victoria Gutiérrez)**

Para este sistema se usó el Ginger, una de las plantas más utilizadas en este tipo de sistemas, puesto que es muy eficaz en la remoción de Fósforo total y de la DQO (Guerrero & Portobanco, 2016).

- **Para el tercer sistema (H-03) propiedad de la familia Molina-Toruño (Adolfo Molina y Aura Toruño)**

En este sistema se implementó la Antorcha, esta también resulta ser eficiente en la implementación de estos sistemas, ya que pueden remover o tratar SST (sólidos suspendidos totales), y Nutrientes.

Para que el sistema de tratamiento funcionara correctamente, se requirió que las raíces de esas plantas crecieran lo suficiente y hayan tejido una red subterránea. El buen funcionamiento de todo este sistema se evidenció con la calidad del agua en la salida.

**Ilustración 11.-** Proceso de construcción de la unidad H-01



**Ilustración 12.-** Proceso de construcción de la unidad H-02

**Unidad H-02**



**1. Excavaciones**



**2. Colocacion de  
plastico y saco**



**4. Colocacion de las  
plantas**



**3. Colocacion de piedra  
bolon y grava**

### Ilustración 13.- Proceso constructivo de la unidad H-03



#### 3.3.4 Unidad de almacenamiento

Como continuación del sistema se encuentra el componente final, el tanque para el almacenamiento del efluente.

El agua que se almacenara en este, al presentar una gran ausencia del material orgánico, ser de tonalidad clara y sin turbidez, se considerara su reutilización para fines agrícolas, esto último se realizara luego del análisis de los parámetros que indicaras si se puede o no emplear esta agua. De igual manera puede ser infiltrada para recarga de acuíferos.

Considerando el tratamiento por el cual ha pasado esta agua, y de acuerdo a su clasificación según la NTON 05-27-05, se prevé reducir el impacto negativo que esta podría causar a los acuíferos aledaños debido a sus características.

### 3.4 Descripción del diseño del Humedal

De acuerdo al Centro de Investigación y Estudios Ambientales (CIEMA, 2004), presenta una metodología para el diseño de humedales artificiales, el procedimiento contempla los requerimientos de información para el diseño, variables que participan en los procesos, ecuaciones que se aplican para representar el comportamiento de los procesos y criterios aplicables en el diseño de estos.

#### 3.4.1 Parámetros de diseño

El tamaño del humedal se determinó según la cantidad de afluente y DBO<sub>5</sub> que se necesita tratar. En general, un metro cúbico de humedal puede procesar acerca de 135 litros de las aguas grises (Jenkins, 2005). Así mismo se puede calcular el tamaño variando la profundidad de 40 a 85 centímetros para encontrar el apropiado.

Otros parámetros considerados en la evaluación de las aguas grises, son:

- Temperatura
- Nitrógeno y Fosforo (proveniente de los detergentes y jabones)
- Sólidos suspendidos

Las fórmulas a continuación, permitieron calcular el tamaño del humedal. Estas se basan en la remoción de materia orgánica (DBO<sub>5</sub>; 5 días y 20°C), como parámetro fundamental.

Sin embargo, se requirió determinar, antes de proceder a realizar el diseño, el índice de biodegradabilidad, que se refiere a la susceptibilidad de la materia orgánica del efluente a ser degradada mediante procesos biológicos.

Este índice se puede determinar mediante una sencilla relación entre la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

$$\frac{DBO_5}{DQO} \quad \text{Ecuación. 1 Índice de biodegradabilidad}$$

Donde:

- $\frac{DBO_5}{DQO} < 0.2$ , No Biodegradable
- $0.2 < \frac{DBO_5}{DQO} < 0.4$ , Biodegradable

- $\frac{DBO_5}{DQO} > 0.4$ , Muy Biodegradable

### 3.4.1.1 Velocidad de reacción

Se calcula utilizando la **Ecuación 2** a continuación y un  $k_{20}$  igual a  $1.19 \text{ día}^{-1}$  \* tomado de "Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas e Industriales a través de la Tecnología de biofiltro" 07-08-2001 UNI – CIEMA.

$$k_r = k_{20}(1.06^{(T-20)}) \quad \text{Ecuación. 2 Velocidad de reacción}$$

### 3.4.1.2 Tiempo de retención hidráulico

Es un parámetro determinado principalmente por el tipo de contaminante a remover.

Es el tiempo en días necesario para reducir el  $DBO_5$  entrante a la  $DBO_5$  meta en la salida.

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)}{k_r} \quad \text{Ecuación. 3 Tiempo de retención hidráulico}$$

Dónde:

$C_0$  = concentración del  $DBO_5$  del agua que entra al sistema ( $\text{mg/L} = \text{g/m}^3$ )

$C$  = concentración de  $DBO_5$  deseada del agua ( $\text{mg/L} = \text{g/m}^3$ ) que sale del sistema, este será asumido de  $15 \text{ mg/L}$

$K_r$  = velocidad de reacción.

Los valores de  $C$  razonables están entre  $10$  y  $20 \text{ mg/L}$ ; un humedal construido puede disminuir los niveles de  $DBO_5$ , pero no los puede eliminar. El periodo de retención varía entre  $2$  y  $5$  días.

### 3.4.1.3 Carga orgánica

$$Q_{org} = C_{DBO_5} * q_m \quad \text{Ecuación. 4 Carga orgánica}$$

Donde:

$Q_{org}$  = carga orgánica de entrada o salida ( $\text{md/día}$ )

$C_{DBO_5}$  = concentración de  $DBO_5$  ( $\text{mg/m}^3$ )

$q_m$  = caudal medio ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

### 3.4.1.4 Tasa de carga orgánica

Con esta ecuación se calculará la masa de DBO<sub>5</sub> por área y día que el sistema recibirá (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>2</sup> por día). En general, esta tasa no debe exceder 11.2 g DBO<sub>5</sub>/ m<sup>2</sup>-día.

$$L_{org} = \frac{(C)(d_w)(\eta)}{t} \quad \text{Ecuación. 5 Tasa de carga organica}$$

Donde:

C = nivel de DBO<sub>5</sub> (mg/L = g/m<sup>3</sup>) del agua influyente.

dw = profundidad del humedal (m) (0.4-0.85m). A mayor profundidad mayor será la carga que el sistema puede procesar, pero si el sustrato es demasiado profundo, las condiciones del fondo llegan a ser anaeróbicas y puede suceder que la eliminación del DBO<sub>5</sub> y nutrientes se vea reducida.

La porosidad efectiva del sustrato, η, es definida como la proporción del volumen no sólido al volumen total de la materia, sin dimensión, y puede ser determinado de la siguiente tabla según el tamaño de grava escogido.

**Tabla 5.-** Porosidad efectiva del sustrato, η

| Sustrato        | Tamaño efectivo<br>D <sub>10</sub> * mm | Porosidad efectiva η |
|-----------------|---|----------------------|
| Arena (media)   | 1                                       | 0.3                  |
| Arena (grueso)  | 2                                       | 0.32                 |
| Arena con grava | 8                                       | 0.35                 |
| Grava (media)   | 32                                      | 0.4                  |
| Grava (grueso)  | 128                                     | 0.45                 |

Fuente: Neira, 2008

La porosidad del material filtrante juega un papel importante puesto que ella depende la superficie disponible para la formación de la capa bacteriana, responsable en gran medida, de la depuración de las aguas grises. Además, tiene un efecto directo sobre el tamaño del humedal, pues el uso de un material más poroso reduce el área a utilizar.

En base a la tabla antes mostrada y considerando que la piedra cuarta que se utilizara es de ¾ pulgadas, mediante interpolación se determinó un coeficiente de porosidad efectiva de 0.374 (37.4%).

#### 3.4.1.5 Área del terreno

Para determinar el área del terreno necesaria para la cama del humedal a construir de flujo subterráneo (m<sup>2</sup>), se utiliza la ecuación matemática que a continuación se muestra:

$$A_s = \frac{(Q_{ave})(t)}{(\eta)(d_w)} \quad \text{Ecuación. 6 Área del terreno}$$

Dónde:

$Q_{ave}$ : Flujo diario medio por el humedal (m<sup>3</sup>/día)

t = tiempo de retención calculado (días)

$d_w$  = profundidad del medio (m)

Valor de  $\eta$  determinado en la ecuación anterior.

#### 3.4.1.6 Ancho del humedal

$$w = \left( \frac{A_s}{R_A} \right)^{1/2} \quad \text{Ecuación. 7 Ancho del humedal}$$

Dónde:

W = ancho (m)

$A_s$  = área del humedal (m<sup>2</sup>)

$R_A$  = Proporción Longitud/Ancho.

Para humedales contruidos de flujo subterráneo, se recomiendan proporciones entre 2:1 y 4:1.

#### 3.4.1.7 Longitud del humedal

La longitud, L, del humedal construido (m) puede ser calculado por la expresión:

$$l = \frac{A_s}{w} \quad \text{Ecuación. 8 Longitud del humedal}$$

Dónde:

$A_s$  = área del humedal ( $m^2$ )

$W$  = ancho (m)

### **3.5 Periodo de estudio**

Para los proyectos piloto, como lo es en este caso, luego de la etapa de construcción del humedal, se da comienzo a una tarea de seguimiento, control y monitoreo que consiste en verificar los niveles de eficiencia del sistema, tomando pruebas de aguas en el afluente y el efluente del sistema para verificar los parámetros de contaminación, como pH, temperatura, sólidos suspendidos, coliformes fecales, nitrógeno, fósforo, potasio, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno.

El período de estudio inició el día miércoles 10 de enero del año 2017 y finalizó el 22 de septiembre del año 2017. Durante este período se realizaron tres muestreos, los cuales se detallan en la **Tabla 6**. Los parámetros a evaluar se eligieron en base a la función específica de los humedales con respecto a los procesos de depuración de contaminantes que este realiza: absorción de nutrientes y descomposición de la materia orgánica.

**Tabla 6.-** Calendario de Muestreos

| Mes        | Día          | Muestreo | Numero de muestras | Parámetros valorados  |
|------------|--------------|----------|--------------------|---|
| marzo      | martes 21    | 1        | 6                  | 1. Temperatura<br>2. pH<br>3. DBO <sub>5</sub><br>4. DQO<br>5. Fosforo total<br>6. Nitrógeno total<br>7. Coliformes fecales |
| junio      | miércoles 21 | 2        | 6                  | 1. Temperatura<br>2. pH<br>3. DBO <sub>5</sub><br>4. DQO<br>5. Fosforo total<br>6. Nitrógeno total<br>7. Coliformes fecales |
| septiembre | jueves 21    | 3        | 6                  | 1. Temperatura<br>2. pH<br>3. DBO <sub>5</sub><br>4. DQO<br>5. Fosforo total<br>6. Nitrógeno total<br>7. Coliformes fecales |

Se procedió a realizar los muestreos mediante la recolección de agua en el sistema (afluente y efluente), en recipientes plásticos previamente codificados mediante una nomenclatura asignada para cada unidad de estudio. Durante el muestreo se registró la hora precisa de la colecta.

Se tuvo especial cuidado de no contaminar, con algún agente externo la integridad de las características de la muestra, para garantizar la calidad de esta.

Al realizar cada uno de los tres muestreos, las muestras se tomaron en el período de tiempo que corresponde entre las 9 – 1:30 pm, se almacenaron a baja temperatura y se remitieron al laboratorio del PIENSA (Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios Ambientales) por la mañana del día siguiente.

### 3.6 Costo y presupuesto

Una vez obtenidos los resultados para el diseño de los humedales, se procederá a realizar el costo y presupuesto respecto a materiales de construcción, equipo, herramientas, mano de obra, transporte y costos indirectos entre otros.

La sostenibilidad económica para la ejecución física de los humedales será sustentada mediante donaciones por parte de la Universidad de Salamanca, con el fin de presentar una propuesta de proyecto, a nivel de escala, con el suficiente apoyo técnico, que será referido futuramente a la implementación de estos sistemas a mayor escala.

### 3.7 Límites máximos permisibles de acuerdo a regulaciones ambientales

#### 3.7.1 Clasificación del efluente

##### 3.7.1.1 Decreto 33-95

Se utilizarán los valores máximos permisibles o rangos de los vertidos líquidos generados por las actividades domésticas, industriales y agropecuarias que descargan a las redes de alcantarillado sanitario y cuerpos receptores para una población no mayor a 75,000 habitantes establecido en el **Arto 22 y 23**.

**Tabla 7.**-Límites máximos permisibles según Arto. 23

| Parámetros              | Rangos y límites máximos permisibles promedio diario |
|-------------------------|--|
| pH                      | 6 – 9  |
| SST (mg/L)              | 100  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L) | 110  |
| DQO (mg/L)              | 220  |

Fuente: INAA, 1995

De acuerdo al **Arto 22**, los límites máximos permisibles de coliformes fecales en valores de número más probable no deberá exceder de 1000 por cada 100 en el 80%; de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5000 por cada 100 ml.

Según el **Arto 57**, las descargas de aguas residuales tratadas utilizadas para el riego agrícola, en la producción de cultivos hortícolas deberán cumplir con los rangos y límites máximos permisibles descritos a continuación:

**Tabla 8.-Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57**

| Parámetros                         | Rangos y límites máximos permisibles promedio diario |
|------------------------------------|--|
| pH                                 | 6.5 – 8.5  |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 120  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 200  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 120  |
| DQO (mg/L)                         | 200  |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml)    | 1000   |

Fuente: INAA, 1995

**Nota:** al igual que en la lista de parámetros descritos en la tabla anterior, por razones económicas solo se evaluaron los detallados en la **Tabla 8**. Cabe mencionar que existe un número mayor de parámetros descritos en el **Arto 57**.

- **Decreto 21-2017**

Según el **Arto 22**, los vertidos de aguas residuales de origen domésticos, industriales, comerciales, agroindustriales y de servicios autorizados, de acuerdo a sus características, que sean descargados al alcantarillado sanitario, deberán cumplir los rangos y valores máximos permisibles siguientes:

| Parámetros              | Rangos y límites máximos permisibles |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Temperatura °C          | 50                                   |
| pH                      | 6 – 9                                |
| SST (mg/L)              | 400                                  |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L) | 400                                  |
| DQO (mg/L)              | 900                                  |

| Parámetros                    | Rangos y límites máximos permisibles |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Fosforo total (mg/L)</b>   | <b>12</b>                            |
| <b>Nitrógeno total (mg/L)</b> | <b>60</b>                            |

Fuente: INAA, 2017

Conforme al **Arto 24**, que especifica el límite máximo permisible de coliformes fecales, siempre y cuando el vertido no se deposite a cuerpos de agua donde se afecte la salud humana; en los siguientes valores y periodos:

| Periodo de tiempo  | 2017-2022 | 2023-2026 | 2027-2029 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Coliformes Fecales | (1x105)   | (1x104)   | (1x103)   |

Fuente: INAA, 2017

**Arto 26.** Los vertidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, que sean descargados a los cuerpos receptores, deberán cumplir los rangos y valores máximos permisibles siguientes:

| Parámetros                    | Rangos y límites máximos permisibles |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| <b>pH</b>                     | <b>6 – 9</b>                         |
| <b>SST (mg/L)</b>             | <b>80</b>                            |
| <b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b> | <b>110</b>                           |
| <b>DQO (mg/L)</b>             | <b>220</b>                           |
| <b>Fosforo total (mg/L)</b>   | <b>10</b>                            |
| <b>Nitrógeno total (mg/L)</b> | <b>30</b>                            |

Fuente: INAA, 2017

### 3.7.1.2 NTON 05 027-05

De acuerdo a esta norma, se permitirá el reúso del agua siempre y cuando cumpla con lo establecido en las siguientes tablas:

**Tabla 9.-** Criterios según el tipo de categoría de riego

| Parámetros                      | Límites máximos permisibles según categoría |                   |                   |
|---------------------------------|---|-------------------|-------------------|
|                                 | A   | B                 | C                 |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 120   | 200               |                   |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) | 1*10 <sup>3</sup>                           | 1*10 <sup>4</sup> | 1*10 <sup>5</sup> |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 15  | 15                | 15                |
| Fósforo total (mg/L)            | 5.00  | 5.00              | 5.00              |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 4   | 4                 | 4                 |

Fuente: NTON 05 027-05, 2006

**Tabla 10.-** Límites máximos permisibles en aguas residuales para reúso

| Parámetros                  | Unidad | Urbana | Recarga de acuíferos | Recreación sin contacto | Acuicultura       |
|-----------------------------|--------|--------|----------------------|-------------------------|-------------------|
| pH                          | °C     | 6 – 9  | 6 – 9                | 6 – 9                   | Mínimo 17         |
| Temperaturas                | mg/L   | 0      | 0                    | ±3 de normal            | 60                |
| DBO <sub>5</sub>            | mg/L   | 5.00   | 30                   | 2.00                    | 15                |
| DQO                         | mg/L   | 30     | 0                    | 15                      | 5.00              |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L   | 10     | 15                   | 50                      | 1*10 <sup>4</sup> |

Fuente: NTON 05 027-05, 2006

### 3.7.2 Estudio y Evaluación de impacto ambiental

Este proyecto se valoró de acuerdo a lo estipulado en el Decreto 76-2006, mismo contempla el Sistema de Evaluación Ambiental.

Para ubicar este proyecto en una de las categorías descritas en el **Capítulo III**, en el apartado **3.6 Estudio y evaluación de impacto ambiental**, primero debemos recalcar que, además de generar un impacto ambiental, este resulta ser de bajo perfil o importancia, con lo mencionado anteriormente, hacemos referencia al siguiente artículo:

Según el **Arto 7.- Proyecto de Bajo Impacto Ambiental**. Los proyectos no considerados en las Categorías I, II y III son proyectos que pueden causar Bajos

Impactos Ambientales Potenciales, por lo que no están sujetos a un Estudio de Impacto Ambiental. De conformidad con el artículo 25 de la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, los proponentes deberán presentar el formulario ambiental ante la autoridad municipal correspondiente para la tramitación de la solicitud de su permiso, según los procedimientos establecidos.

Cabe recalcar que, por ser con fines investigativos y académicos, esta investigación incluirá con una valoración ambiental, por medio de una matriz de Leopold, por causa y efecto, para así conocer los posibles impactos ya sean negativos o positivos que abarca la realización de este proyecto.



*Líder en Ciencia y Tecnología*

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**



**“La primera ley de la ecología es que todo esta relacionado con todo lo demas”**

**-Barry Commoner**

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

### 5.1 Diseño del humedal

Este diseño se realizó en base al apartado contemplado en el **Capítulo VI**, apartado **6.4.1 Parámetros de diseño**. En la siguiente tabla se muestran los valores utilizados para el diseño de los humedales en estudio.

**Tabla 11.-**Parámetros de diseño

| Parámetro   | H-01   | H-02   | H-03   | Fuente                      |
|---|--------|--------|--------|-----------------------------|
| Número de usuarios ( <b>hab</b> )                   | 4      | 4      | 4      | EP                          |
| Temperatura del aire en el mes más frío (°C)        | 19.1   | 19.10  | 19.10  | INETER, Estación de Condega |
| Concentración de entrada de DBO <sub>5</sub> (mg/L) | 336    | 336    | 336    | Guerrero & Portobanco, 2016 |
| Concentración de entrada de DQO (mg/L)              | 521.32 | 521.32 | 521.32 | Guerrero & Portobanco, 2016 |
| Porosidad efectiva                                  | 0.374  | 0.374  | 0.374  | <b>Tabla 6</b>              |

Donde:

EP: Encuesta a los pobladores sobre número de habitantes visita al sitio

**Tabla 6 –** “Porosidad efectiva del sustrato”

#### 5.1.1 Índice de biodegradabilidad

Antes de proseguir con el diseño de los humedales, es necesario determinar si estas son de carácter biodegradable o no, y de esta manera determinar si pueden ser tratadas mediante procesos de degradación biológica. De acuerdo a esto se determinará este índice utilizando la **Ecuación. 1** “Índice de biodegradabilidad”.

$$DBO_5/DQO = \frac{336.00 \text{ mg/L}}{521.32 \text{ mg/L}} = \mathbf{0.64}$$

De acuerdo a los rangos indicados en el **Capítulo IV**, sección **4.4.1** “Parámetros de diseño”, en lo que respecta al índice de biodegradabilidad, el valor obtenido es mayor a 0.4, lo que clasifica el afluente como muy biodegradable, por lo tanto, este podrá ser

tratado por medio de procesos biológicos. Este valor será considerado en el diseño de los tres sistemas.

### 5.1.2 Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño es necesario conocer el consumo promedio mensual de los hogares. En el caso de las tres viviendas de la comunidad Paso Ancho, no cuentan con un servicio de agua potable facturado como el que provee ENACAL en el casco urbano de la ciudad.

Se procedió a realizar a realizar un aforo durante una semana para así obtener el consumo promedio por día en cada vivienda, resultando un consumo de 160 l/día para el primer y segundo humedal (**H-01** y **H-02**), en lo que respecta al tercer humedal, en esta vivienda se obtuvo un consumo de 400 l/día.

El consumo por día se calculó dividiendo el consumo por día entre la cantidad de habitantes.

- **H-01**

$$Q_m = \frac{160 \frac{\text{l}}{\text{día}}}{4 \text{ personas}} = 40 \text{ lppd}$$

- **H-02**

$$Q_m = \frac{160 \frac{\text{l}}{\text{día}}}{4 \text{ personas}} = 40 \text{ lppd}$$

- **H-03**

$$Q_m = \frac{400 \frac{\text{l}}{\text{día}}}{4 \text{ personas}} = 100 \text{ lppd}$$

Mediante la siguiente expresión se calculará el caudal de diseño:

$$Q_d \left[ \frac{m^3}{día} \right] = \frac{0.80 * Q_m * h_b}{1000}$$

**Donde:**

Qd: caudal de diseño

Qm: consumo promedio

hb: cantidad de habitantes

A continuación, se sustituirán los valores antes descritos en la expresión anterior, obteniendo los siguientes resultados:

- **H-01**

$$Q_d \left[ \frac{m^3}{día} \right] = \frac{0.80 * 40 \text{ lppd} * 4 \text{ personas}}{1000} = 0.128 \frac{m^3}{día} \cong 0.13 \frac{m^3}{día}$$

- **H-02**

$$Q_d \left[ \frac{m^3}{día} \right] = \frac{0.80 * 40 \text{ lppd} * 4 \text{ personas}}{1000} = 0.128 \frac{m^3}{día} \cong 0.13 \frac{m^3}{día}$$

- **H-03**

$$Q_d \left[ \frac{m^3}{día} \right] = \frac{0.80 * 100 \text{ lppd} * 4 \text{ personas}}{1000} = 0.32 \frac{m^3}{día}$$

### 5.1.3 Velocidad de reacción

Esta se calculará de acuerdo a la **Ecuación. 2** “Velocidad de reacción” y a los parámetros descritos en la **Tabla 11-** “Parámetros de diseño”.

Primeramente, se procede a calcular el Ta, utilizando la siguiente expresión:

$$T_a = 10.443 + 0.688 (T_{a_1})$$

Donde:

**Ta<sub>1</sub>**: temperatura en el mes más frío

Sustituyendo se obtiene:

$$T_a = 10.443 + 0.688 (19.10) = 23.62^\circ\text{C}$$

Aplicando estos valores en la **Ecuación. 2**, se obtiene lo siguiente:

$$K_r = 1.19 \text{ días}^{-1} \left( 1.06^{(23.62-20)} \right) = 1.469 \text{ días}^{-1}$$

El valor obtenido para **K<sub>r</sub>** es aplicable a los tres casos, dado que es un valor particular el cual no se ve afectado comúnmente, debido a que los sistemas se construyeron en el mismo municipio.

#### 5.1.4 Tiempo de retención hidráulico

Se obtiene utilizando la **Ecuación. 3** “Tiempo de retención hidráulico”, sustituyendo obtenemos la siguiente expresión:

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{15 \text{ mg/L}}{336 \text{ mg/L}}\right)}{1.469 \text{ días}^{-1}} = 2.12 \text{ días}$$

El valor obtenido se localiza en el rango comprendido entre 2 y 5 días. Este valor será representativo para los tres casos.

#### 5.1.5 Carga Orgánica

Se obtiene utilizando la **Ecuación. 4** “Carga orgánica”, misma que al sustituir queda de la siguiente manera:

##### 5.1.5.1 Carga orgánica en el afluente del sistema

- Ya que para los sistemas **H-01** y **H-02** el caudal medio es el mismo, entonces:

$$Q_{org} = \left\{ \left[ \left( 336 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right] * 0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right\} * \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = 0.44 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Para los sistemas **H-01** y **H-02** la carga orgánica es igual.

- Dado que para el sistema **H-03** el caudal medio es diferente, entonces la carga orgánica es:

$$Q_{org} = \left\{ \left[ \left( 336 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right] * 0.32 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right\} * \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = 0.11 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### 5.1.5.2 Carga orgánica en el efluente del sistema

- Para el sistema **H-01** la carga orgánica es:

$$Q_{org} = \left\{ \left[ \left( 67 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right] * 0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right\} * \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = 0.009 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Para el sistema **H-02** la carga orgánica es:

$$Q_{org} = \left\{ \left[ \left( 76.8 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right] * 0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right\} * \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = 0.010 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Para el sistema **H-03** la carga orgánica es:

$$Q_{org} = \left\{ \left[ \left( 38 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right] * 0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right\} * \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = 0.005 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### 5.1.6 Tasa de carga orgánica

En esta sección se usará la **Ecuación. 5** “Tasa de carga orgánica”, además será necesario retomar datos de la **Tabla 11**. “Parámetros de diseño” en conjunto con datos de la **Tabla 5**. “Porosidad efectiva del sustrato” de la que obtendremos por medio de interpolación la porosidad efectiva para una grava de tamaño  $\frac{3}{4}$ ”, que resulta ser  $\eta=0.374$ .

El valor de profundidad a usarse será de 0.70m, ya que está en el rango comprendido entre 0.40m y 0.70m.

Según lo antes mencionado, podemos sustituir valores en la ecuación dada, obteniendo:

$$L_{org} = \frac{(15 \text{ g/m}^3)(0.70 \text{ m})(0.374)}{2.12 \text{ días}} = 1.856 \frac{\text{gDBO}_5}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

De manera general, según Jenkins (2005), el valor obtenido no debe exceder 11.20 gDBO<sub>5</sub>/(m<sup>2</sup>\*día), por consiguiente, la tasa de carga orgánica obtenida está dentro del rango de aceptación.

### 5.1.7 Área del terreno

Sustituyendo datos en la **Ecuación. 6** “Área de terreno”, obtenemos las siguientes dimensiones:

- **H-01**

$$As_1 = \frac{(0.13 \text{ m}^3/\text{día})(2.12\text{días})}{0.374(0.70\text{m})} = 1.03 \text{ m}^2$$

- **H-02**

$$As_2 = \frac{(0.13 \text{ m}^3/\text{día})(2.12\text{días})}{0.374(0.70\text{m})} = 1.03 \text{ m}^2$$

- **H-03**

$$As_3 = \frac{(0.32 \text{ m}^3/\text{día})(2.12\text{días})}{0.374(0.70\text{m})} = 2.59 \text{ m}^2$$

### 5.1.8 Ancho del humedal

Retomando la **Ecuación. 7** “Ancho del humedal”, donde la proporción  $R_A$  será asumida de 2:1, por lo tanto, se tendrá lo siguiente:

- **H-01**

$$W_1 = \left(1.03 \text{ m}^2 / 2\right)^{1/2} = 0.72 \text{ m}$$

- **H-02**

$$W_2 = \left(1.03 \text{ m}^2 / 2\right)^{1/2} = 0.72 \text{ m}$$

- **H-03**

$$W_3 = \left(2.59 \text{ m}^2 / 2\right)^{1/2} = 1.14 \text{ m}$$

### 5.1.9 Longitud el humedal

De acuerdo a la **Ecuación. 8** “Longitud del humedal”, se obtuvo:

- **H-01**

$$l_1 = \frac{0.72 \text{ m}^2}{1.00 \text{ m}} = 1.44 \text{ m}$$

- **H-02**

$$I_2 = \frac{0.72 \text{ m}^2}{1.00 \text{ m}} = 1.44 \text{ m}$$

- **H-03**

$$I_3 = \frac{1.14 \text{ m}^2}{1.00 \text{ m}} = 2.27 \text{ m}$$

De acuerdo a los datos obtenidos para diseño, las dimensiones en planta de los humedales en estudio se plasmaron en la tabla a continuación:

**Tabla 12.-Dimensiones diseñadas para los humedales**

| Unidad | Ubicación  | Longitud, m | Ancho, m | Profundidad, m |
|--------|------------|-------------|----------|----------------|
| H-01   | Paso Ancho | 1.44        | 0.72     | 0.70           |
| H-02   | Paso Ancho | 1.44        | 0.72     | 0.70           |
| H-03   | Paso Ancho | 2.27        | 1.74     | 0.70           |

**Nota:** Las dimensiones (largo y ancho) de los humedales se especificaron en metros, sin embargo, para facilitar el proceso de construcción, se trabajó con las medidas en pulgadas ya que de esta manera las dimensiones se indican exactas y no se modifica el diseño.

## 5.2 Costo y presupuesto

El costo de la ejecución de este proyecto, el cual contemplaba la construcción de tres unidades demostrativas, ascendió a un monto de **C\$40,688.19 (cuarenta mil seiscientos ochenta y ocho córdobas con diecinueve centavos)**, esta cantidad contempla materiales, transporte, mano de obra, costos de administración, costos indirectos e impuestos municipales. Este monto se encuentra de acuerdo al diseño de los humedales, mostrado en el acápite 4.1. En el **Anexo B** se encontrarán las tablas con los costos específicos de cada unidad.

En las tablas continuación, se detallarán los costos por cada sistema.

**Tabla 13.-** Resumen de gastos de construcción y evaluación de sistemas

| ITEM  | DESCRIPCION  | U/M                    | CANTIDAD           | CU           | TOTAL               |
|---|--|------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| 1   | Construcción de humedales  | Unidades demostrativas | 3                  |              | C\$40,688.19        |
|   | H-01   | c/u                    | 1                  | C\$12,716.57 |                     |
|   | H-02   | c/u                    | 1                  | C\$12,716.57 |                     |
|   | H-03   | c/u                    | 1                  | C\$15,255.05 |                     |
| 2   | Estudios de laboratorio para determinar parámetros de la calidad del afluente y efluente | Muestras               | Costo unitario U\$ |              | C\$35,575.20        |
|   | Solidos suspendidos totales  | 18                     | 8.00               | 144.00       |                     |
|   | Demanda química de oxígeno   | 18                     | 15.00              | 270.00       |                     |
|   | Demanda bioquímica de oxígeno  | 18                     | 15.00              | 270.00       |                     |
|   | Fosforo total  | 18                     | 5.00               | 90           |                     |
|   | Nitrógeno total  | 18                     | 8.00               | 144          |                     |
|   | Coliformes totales y fecales   | 18                     | 30.00              | 540          |                     |
| <b>Costo total de análisis de laboratorio U\$</b>           |  |                        |                    | 1,458.00     |                     |
| <b>Costo total de análisis de laboratorio menos 20% U\$</b> |  |                        |                    | 1,166.40     |                     |
| <b>Total, C\$</b>   |  |                        |                    |              | <b>C\$76,263.39</b> |
| <b>Total, U\$</b>   |  |                        |                    |              | <b>U\$2,500.44</b>  |

### 5.3 Periodo de estudio

Para las unidades que componen el sistema, posterior a la etapa de construcción, se inició una labor de seguimiento, control y monitoreo que consistió en verificar los niveles de eficiencia del sistema, realizando pruebas de laboratorio a muestras de agua para analizar la calidad de la misma conforme parámetros de contaminación.

El periodo de estudio se inició el día 10 de enero del año 2017 y se culminó el día 22 de septiembre del año 2017. Este periodo se decidió ya que había transcurrido tres meses aproximadamente a partir del día 8 de octubre del año 2016, fecha en que se dio por finalizada la construcción de los tres sistemas, debido a esto se puede considerar que la construcción de los tres sistemas finalizó el mismo día.

En el transcurso del periodo de estudio se realizaron tres muestreos para los tres sistemas, el día 21 de marzo, 21 de junio y 21 de septiembre del año 2017. Los parámetros físico-químicos que se analizaron fueron los siguientes: pH, Temperatura, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total, Fosforo Total, y Conductividad Eléctrica. Con respecto a parámetros microbiológicos solo se evaluó Coliformes Fecales.

Se eligieron estos parámetros tomando en consideración el desempeño esperado por parte del sistema en cuanto a capacidad de depuración de contaminantes orgánicos, absorción de nutrientes y estabilización de otros compuestos.

La evaluación de los parámetros anteriormente descritos se realizó a las muestras tomadas del afluente y efluente de los humedales. En las **Tabla 14**, **Tabla 15** y **Tabla 16** se realizó un resumen de los resultados obtenidos, de igual manera, se mostrará el nombre de la especie de planta utilizada.

En la **Tabla 18** se muestran los valores esperados para la eficiencia de acuerdo a la NTON 05 027-05. Los valores de la eficiencia real del sistema se muestran en la **Tabla 19**, **Tabla 20** y **Tabla 21**, dicha eficiencia se calculó en base a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio.

En las **Tablas 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29** y **30** se muestran los resultados según los artículos 22, 23 y 57 del decreto **33 – 95**. Por otra parte, en las **Tablas 31, 32, 33, 34, 35**,

**36, 37, 38 y 39** se muestran los resultados según los criterios para cada categoría de la NTON 05 027-05, y en las **Tablas 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48** su reusó de acuerdo a esta misma norma.

En las **Tablas 49, 50 y 51 se** muestran las eficiencias obtenidas con respecto a la remoción de carga orgánica, la cual al igual que las tablas anteriores muestran los resultados obtenidos en los tres muestreos realizados.

**Tabla 14.-** Resultado de análisis de parámetros en estudio, primer muestreo

| Parámetro estudiado                | RESULTADOS DE LOS ANALISIS |          |          |        |          |          |          |          |          |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                    | H-01                       |          |          | H-02   |          |          | H-03     |          |          |
|                                    | Planta                     | Afluente | Efluente | Planta | Afluente | Efluente | Planta   | Afluente | Efluente |
| pH                                 | Cala                       | 7.5      | 7.0      | Ginger | 6.5      | 7.0      | Antorcha | 7.0      | 7.0      |
| Temperatura (°C)                   |                            | 25       | 24.8     |        | 24       | 25.3     |          | 24.3     | 25.6     |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            |                            | 924      | 107.2    |        | 541.2    | 122.88   |          | 422.4    | 60.8     |
| DQO (mg/L)                         |                            | 1141.92  | 204.43   |        | 907.69   | 213.73   |          | 463.2    | 74.34    |
| Solidos suspendidos totales (mg/L) |                            | 114.4    | 56       |        | 359.26   | 16       |          | 281.27   | 66.24    |
| Nitrógeno total (mg/L)             |                            | 46.46    | 45.55    |        | 31.32    | 29.87    |          | 10.93    | 12.69    |
| Fosforo total (mg/L)               |                            | 1.265    | 1.897    |        | 3.241    | 1.302    |          | 0.895    | 1.2      |
| Coliformes Fecales (NMP/100 mg)    |                            | 1.0E+07  | 2.08E+04 |        | 1.76E+07 | 5.28E+04 |          | 1.21E+06 | 3.68E+04 |
| Conductividad (ds/m)               |                            | 0.352    | 1.024    |        | 0.594    | 0.592    |          | 0.418    | 0.336    |

**Tabla 15.-** Resultado de análisis de parámetros en estudio, segundo muestreo

| Parámetro estudiado                | RESULTADOS DE LOS ANALISIS |          |          |        |          |          |          |          |          |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                    | H-01                       |          |          | H-02   |          |          | H-03     |          |          |
|                                    | Planta                     | Afluente | Efluente | Planta | Afluente | Efluente | Planta   | Afluente | Efluente |
| pH                                 | Cala                       | 6.5      | 7.0      | Ginger | 6.5      | 7.0      | Antorcha | 6.5      | 7.0      |
| Temperatura (°C)                   |                            | 24.4     | 24.5     |        | 23.7     | 25.1     |          | 24.1     | 25.4     |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            |                            | 882      | 87.1     |        | 516.6    | 99.94    |          | 403.2    | 49.4     |
| DQO (mg/L)                         |                            | 1090.02  | 166.101  |        | 866.43   | 173.65   |          | 442.1    | 60.4     |
| Solidos suspendidos totales (mg/L) |                            | 109.2    | 45.5     |        | 342.93   | 13       |          | 268.49   | 53.82    |
| Nitrógeno total (mg/L)             |                            | 44.35    | 37.01    |        | 29.89    | 24.27    |          | 10.44    | 10.31    |
| Fosforo total (mg/L)               |                            | 1.208    | 1.517    |        | 3.094    | 1.058    |          | 0.855    | 0.975    |
| Coliformes Fecales (NMP/100 mg)    |                            | 9.7E+06  | 1.69E+04 |        | 1.68E+07 | 4.29E+04 |          | 1.16E+06 | 2.99E+04 |
| Conductividad (ds/m)               |                            | 0.336    | 0.832    |        | 0.567    | 0.481    |          | 0.399    | 0.273    |

**Tabla 16.-** Resultado de análisis de parámetros en estudio, tercer muestreo

| Parámetro estudiado                | RESULTADOS DE LOS ANALISIS |          |          |        |          |          |          |          |          |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                    | H-01                       |          |          | H-02   |          |          | H-03     |          |          |
|                                    | Planta                     | Afluente | Efluente | Planta | Afluente | Efluente | Planta   | Afluente | Efluente |
| pH                                 | Cala                       | 6.5      | 7        | Ginger | 6.5      | 7.0      | Antorcha | 6.5      | 7        |
| Temperatura (°C)                   |                            | 24.4     | 24.5     |        | 23.7     | 25.1     |          | 24.1     | 25.4     |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            |                            | 840      | 67       |        | 492      | 76.8     |          | 384      | 38       |
| DQO (mg/L)                         |                            | 1038.11  | 127.77   |        | 825.17   | 133.58   |          | 421.05   | 46.46    |
| Solidos suspendidos totales (mg/L) |                            | 104      | 35       |        | 326.6    | 10       |          | 255.7    | 41.4     |
| Nitrógeno total (mg/L)             |                            | 42.24    | 28.47    |        | 28.47    | 18.67    |          | 9.94     | 7.93     |
| Fosforo total (mg/L)               |                            | 1.15     | 1.167    |        | 2.947    | 0.814    |          | 0.814    | 0.75     |
| Coliformes Fecales (NMP/100 mg)    |                            | 9.20E+06 | 1.30E+04 |        | 1.60E+07 | 3.30E+04 |          | 1.10E+06 | 2.30E+04 |
| Conductividad (ds/m)               |                            | 0.32     | 0.64     |        | 0.54     | 0.37     |          | 0.38     | 0.21     |

Se conoce de la implementación de esta tecnología en el municipio San Marcos, departamento de Carazo, en donde se implementaron tres unidades, donde según Guerrero (2016) se implementaron tres sistemas (Platanillo, Ginger y Vetiver), de los cuales solo se documentó el resultado obtenido de dos sistemas, debido a que el tercer sistema fue desprovisto de seguimiento ya que presentó problemas debido a la planta que se implementó en él, el platanillo.

En la siguiente tabla podemos observar las eficiencias obtenidas en estos sistemas:

**Tabla 17.-Eficiencias reportadas**

| Parámetro estudiado         | Valores obtenidos |              |         |              |
|-----------------------------|-------------------|--------------|---------|--------------|
|                             | BJ002             |              | BJ003   |              |
|                             | Planta            | % Eficiencia | Planta  | % Eficiencia |
| DBO <sub>5</sub>            | Ginger            | 78           | Vetiver | 77           |
| DQO                         |                   | 73           |         | 79           |
| Sólidos suspendidos totales |                   | 84           |         | 78           |
| Nitrógeno total             |                   | -3           |         | 18           |
| Fosforo total               |                   | 15           |         | -3           |
|                             |                   | 22           |         | 17           |
| Coliformes Fecales          |                   | 97           |         | 89           |

Fuente: Guerrero, 2016

De acuerdo a estas eficiencias podemos concluir que en el estudio realizado por Guerrero (2016), la planta que resultó más eficiente fue el Ginger, misma que se implementara en uno de los tres humedales objeto de estudio.

**Tabla 18.-**Porcentaje de eficiencia esperados según NTON 05 027-05

| Tratamiento               | Porcentaje de remoción |     |    |            |   |       |
|---------------------------|------------------------|-----|----|------------|---|-------|
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO | SS | Coliformes | P | N     |
| Humedal sub-superficiales | 92-96                  | -   | 95 | 95-100     | - | 90-96 |

Fuente: NTON 05 027-05, 2006

**Tabla 19.-** Porcentaje de eficiencia en remoción calculado de acuerdo a los resultados del primer muestreo según parámetros descritos en **Tabla 13**

| Tratamiento               | Porcentaje de remoción |       |       |              |        |        |
|---------------------------|------------------------|-------|-------|--------------|--------|--------|
|                           | H-01                   |       |       |              |        |        |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P      | N      |
| Humedal sub-superficiales | 88.40                  | 82.10 | 51.05 | 99.79        | -47.60 | 1.96   |
|                           | H-02                   |       |       |              |        |        |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P      | N      |
|                           | 77.29                  | 76.45 | 95.55 | 99.70        | 59.82  | 4.61   |
|                           | H-03                   |       |       |              |        |        |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P      | N      |
|                           | 85.61                  | 83.95 | 76.45 | 96.96        | -34.02 | -16.04 |

**Tabla 20.-** Porcentaje de eficiencia en remoción calculado de acuerdo a los resultados del segundo muestreo según parámetros descritos en **Tabla 13**

| Tratamiento               | Porcentaje de remoción |       |       |              |        |       |
|---------------------------|------------------------|-------|-------|--------------|--------|-------|
|                           | H-01                   |       |       |              |        |       |
| Humedal sub-superficiales | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P      | N     |
|                           | 90.12                  | 84.76 | 58.33 | 99.83        | -25.64 | 16.55 |
|                           | H-02                   |       |       |              |        |       |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P      | N     |
|                           | 80.67                  | 79.96 | 96.21 | 99.74        | 65.80  | 18.81 |
|                           | H-03                   |       |       |              |        |       |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P      | N     |
|                           | 87.75                  | 86.34 | 79.95 | 97.41        | -14.08 | 1.23  |

**Tabla 21.-** Porcentaje de eficiencia en remoción calculado de acuerdo a los resultados del tercer muestreo según parámetros descritos en **Tabla 13**

| Tratamiento               | Porcentaje de remoción |       |       |              |       |       |
|---------------------------|------------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|                           | H-01                   |       |       |              |       |       |
| Humedal sub-superficiales | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P     | N     |
|                           | 92.02                  | 87.69 | 66.35 | 99.86        | -1.48 | 32.60 |
|                           | H-02                   |       |       |              |       |       |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P     | N     |
|                           | 84.39                  | 83.81 | 96.94 | 99.79        | 72.38 | 34.42 |
|                           | H-03                   |       |       |              |       |       |
|                           | DBO <sub>5</sub>       | DQO   | SS    | Coliformes F | P     | N     |
|                           | 90.10                  | 88.97 | 83.81 | 97.91        | 7.86  | 20.22 |

**Tabla 22.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-01**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 7.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 924               | 107.2    | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 1141.92           | 204.43   | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | NO CUMPLE      |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 114.4             | 56       | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.0E+07           | 2.08E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.352             | 1.024    | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 23.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-02**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluyente         | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 541.2             | 122.88   | 110.0                                    | NO CUMPLE      | 120  | NO CUMPLE      |
| DQO (mg/L)                         | 907.69            | 213.73   | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | NO CUMPLE      |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 359.26            | 16       | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.76E+07          | 5.28E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.594             | 0.592    | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 24.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-03**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 7.0               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 422.4             | 60.8     | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 463.2             | 74.34    | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 281.27            | 66.24    | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.21E+06          | 3.68E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.418             | 0.336    | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 25.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-01**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluyente         | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 882               | 87.1     | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 1090.02           | 166.10   | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 109.2             | 45.5     | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 9.7E+06           | 1.69E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.336             | 0.832    | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 26.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-02**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 516.6             | 99.94    | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 866.43            | 173.65   | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 342.93            | 13       | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.68E+07          | 4.29E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.567             | 0.481    | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 27.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-03**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 403.2             | 49.4     | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 442.10            | 60.4     | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 268.49            | 53.82    | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.16E+06          | 2.99E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.399             | 0.273    | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 28.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-01**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 840               | 67       | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 1038.11           | 127.77   | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 104               | 35       | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 9.20E+06          | 1.30E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.32              | 0.64     | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 29.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-02**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 492               | 76.8     | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 825.17            | 133.58   | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 326.6             | 10       | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.60E+07          | 3.30E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.54              | 0.37     | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 30.-** Análisis de resultado según criterios en el decreto 33-95, Unidad **H-03**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Límites máximos permisibles Art. 22 y 23 | SEGÚN LA NORMA | Rangos y límites máximos permisibles según Arto 57 | SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                                    | Afluente          | Efluente |  |                |  |                |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6 - 9                                    | CUMPLE         | 6.5 - 8.5  | CUMPLE         |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 384               | 38       | 110.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| DQO (mg/L)                         | 421.05            | 46.46    | 220.0                                    | CUMPLE         | 200  | CUMPLE         |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 255.7             | 41.4     | 100.0                                    | CUMPLE         | 120  | CUMPLE         |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg)    | 1.10E+06          | 2.30E+04 | 1.00E+03                                 | NO CUMPLE      | 1.00E+03   | NO CUMPLE      |
| Conductividad eléctrica (ds/m)     | 0.38              | 0.21     | NE                                       | NE             | 200  | CUMPLE         |

NE: no especificado

**Tabla 31.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-01**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                 |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|                                 | Afluyente         | Efluente | Categoría A                 | Categoría B     | Categoría C     |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 924               | 107.2    | <b>120</b>                  | <b>200</b>      | <b>NE</b>       | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 46.46             | 45.55    | <b>15</b>                   | <b>15</b>       | <b>15</b>       | <b>NO CUMPLE</b>             |
| Fósforo total (mg/L)            | 1.265             | 1.897    | <b>5</b>                    | <b>5</b>        | <b>5</b>        | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.0E+07           | 2.08E+04 | <b>1.00E+03</b>             | <b>1.00E+04</b> | <b>1.00E+05</b> | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.352             | 1.024    | <b>4</b>                    | <b>4</b>        | <b>4</b>        | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 32.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-02**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                 |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|                                 | Afluyente         | Efluente | Categoría A                 | Categoría B     | Categoría C     |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 541.2             | 122.88   | <b>120</b>                  | <b>200</b>      | <b>NE</b>       | Categoría B                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 31.32             | 29.87    | <b>15</b>                   | <b>15</b>       | <b>15</b>       | <b>NO CUMPLE</b>             |
| Fósforo total (mg/L)            | 3.241             | 1.302    | <b>5</b>                    | <b>5</b>        | <b>5</b>        | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.76E+07          | 5.28E+04 | <b>1.00E+03</b>             | <b>1.00E+04</b> | <b>1.00E+05</b> | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.594             | 0.592    | <b>4</b>                    | <b>4</b>        | <b>4</b>        | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 33.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-03**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |           | Valores máximos permisibles |                 |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|                                 | Afluyente         | Efluyente | Categoría A                 | Categoría B     | Categoría C     |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 422.4             | 60.8      | <b>120</b>                  | <b>200</b>      | <b>NE</b>       | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 10.93             | 12.69     | <b>15</b>                   | <b>15</b>       | <b>15</b>       | Categoría A                  |
| Fósforo total (mg/L)            | 0.895             | 1.2       | <b>5</b>                    | <b>5</b>        | <b>5</b>        | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.21E+06          | 3.68E+04  | <b>1.00E+03</b>             | <b>1.00E+04</b> | <b>1.00E+05</b> | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.418             | 0.336     | <b>4</b>                    | <b>4</b>        | <b>4</b>        | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 34.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-01**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |           | Valores máximos permisibles |                 |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|                                 | Afluyente         | Efluyente | Categoría A                 | Categoría B     | Categoría C     |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 882               | 87.1      | <b>120</b>                  | <b>200</b>      | <b>NE</b>       | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 44.35             | 37.01     | <b>15</b>                   | <b>15</b>       | <b>15</b>       | <b>NO CUMPLE</b>             |
| Fósforo total (mg/L)            | 1.208             | 1.517     | <b>5</b>                    | <b>5</b>        | <b>5</b>        | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 9.7E+06           | 1.69E+04  | <b>1.00E+03</b>             | <b>1.00E+04</b> | <b>1.00E+05</b> | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.336             | 0.832     | <b>4</b>                    | <b>4</b>        | <b>4</b>        | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 35.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-02**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |           | Valores máximos permisibles |             |             | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|
|                                 | Afluyente         | Efluyente | Categoría A                 | Categoría B | Categoría C |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 516.6             | 99.94     | 120                         | 200         | NE          | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 29.89             | 24.27     | 15                          | 15          | 15          | NO CUMPLE                    |
| Fósforo total (mg/L)            | 3.094             | 1.058     | 5                           | 5           | 5           | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.68E+07          | 4.29E+04  | 1.00E+03                    | 1.00E+04    | 1.00E+05    | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.567             | 0.481     | 4                           | 4           | 4           | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 36.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-03**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |           | Valores máximos permisibles |             |             | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|
|                                 | Afluyente         | Efluyente | Categoría A                 | Categoría B | Categoría C |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 403.2             | 49.4      | 120                         | 200         | NE          | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 10.44             | 10.31     | 15                          | 15          | 15          | Categoría A                  |
| Fósforo total (mg/L)            | 0.855             | 0.975     | 5                           | 5           | 5           | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.16E+06          | 2.99E+04  | 1.00E+03                    | 1.00E+04    | 1.00E+05    | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.399             | 0.273     | 4                           | 4           | 4           | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 37.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-01**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |             |             | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|
|                                 | Afluente          | Efluente | Categoría A                 | Categoría B | Categoría C |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 840               | 67       | 120                         | 200         | NE          | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 42.24             | 28.47    | 15                          | 15          | 15          | NO CUMPLE                    |
| Fósforo total (mg/L)            | 1.15              | 1.167    | 5                           | 5           | 5           | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 9.20E+06          | 1.30E+04 | 1.00E+03                    | 1.00E+04    | 1.00E+05    | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.32              | 0.64     | 4                           | 4           | 4           | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 38.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-02**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |             |             | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|
|                                 | Afluente          | Efluente | Categoría A                 | Categoría B | Categoría C |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 492               | 76.8     | 120                         | 200         | NE          | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 28.47             | 18.67    | 15                          | 15          | 15          | NO CUMPLE                    |
| Fósforo total (mg/L)            | 2.947             | 0.814    | 5                           | 5           | 5           | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.60E+07          | 3.30E+04 | 1.00E+03                    | 1.00E+04    | 1.00E+05    | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.54              | 0.37     | 4                           | 4           | 4           | Categoría A                  |

NE: no especificado

**Tabla 39.-** Análisis de resultado por categorías de la NTON 05 027-05, Unidad **H-03**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados            | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |             |             | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|---------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------------------|
|                                 | Afluente          | Efluente | Categoría A                 | Categoría B | Categoría C |                              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)         | 384               | 38       | 120                         | 200         | NE          | Categoría A                  |
| Nitrógeno total (mg/L)          | 9.94              | 7.93     | 15                          | 15          | 15          | Categoría A                  |
| Fósforo total (mg/L)            | 0.814             | 0.75     | 5                           | 5           | 5           | Categoría A                  |
| Coliformes fecales (NMP/100 mg) | 1.10E+06          | 2.3E+04  | 1.00E+03                    | 1.00E+04    | 1.00E+05    | Categoría C                  |
| Conductividad eléctrica (ds/m)  | 0.38              | 0.21     | 4                           | 4           | 4           | Categoría A                  |

**Tabla 40.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON  
05 027-05, Unidad **H-01**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 7.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 25                | 24.8     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 924               | 107.2    | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 1141.92           | 204.43   | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 114.4             | 56       | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 4                            |

**Tabla 41.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON  
05 027-05, Unidad **H-02**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 24                | 25.3     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 541.2             | 122.88   | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 907.69            | 213.73   | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 359.26            | 16       | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 3,4                          |

**Tabla 42.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON  
05 027-05, Unidad **H-03**, primer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 7.0               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 24.3              | 25.6     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 422.4             | 60.8     | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 463.2             | 74.34    | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 281.27            | 66.24    | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 4                            |

**Tabla 43.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON  
05 027-05, Unidad **H-01**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 24.4              | 24.5     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 882               | 87.1     | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 1090.02           | 166.10   | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 109.2             | 45.5     | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 3,4                          |

**Tabla 44.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON  
05 027-05, Unidad **H-02**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 23.7              | 25.1     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 516.6             | 99.94    | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 866.43            | 173.65   | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 342.93            | 13       | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 2,3,4                        |

**Tabla 45.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON  
05 027-05, Unidad **H-03**, segundo muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 24.1              | 25.4     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 403.2             | 49.4     | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 442.10            | 60.4     | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 268.49            | 53.82    | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 4                            |

**Tabla 46.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad **H-01**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 24.4              | 24.5     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 840               | 67       | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 1038.11           | 127.77   | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 104               | 35       | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 3,4                          |

**Tabla 47.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad **H-02**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 23.7              | 25.1     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 492               | 76.8     | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 825.17            | 133.58   | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 326.6             | 10       | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 1,2,3,4                      |

**Tabla 48.-** Análisis de resultado según los valores máximo permisibles de aguas residuales para reusó según NTON 05 027-05, Unidad **H-03**, tercer muestreo

| Parámetros Evaluados               | Valores obtenidos |          | Valores máximos permisibles |                          |                             |                 | CLASIFICACION SEGÚN LA NORMA |
|------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                    | Afluente          | Efluente | Urbana (1)                  | Recarga de acuíferos (2) | Recreación sin contacto (3) | Acuicultura (4) |                              |
| pH                                 | 6.5               | 7.0      | 6-9                         | 6-9                      | 6-9                         | Mínimo 17       | 1,2,3,4                      |
| Temperatura (°C)                   | 24.1              | 25.4     | 0                           | 0                        | ±3 de normal                | 60              | 4                            |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)            | 384               | 38       | 5                           | 30                       | 2                           | 15              | NO CUMPLE                    |
| DQO (mg/L)                         | 421.05            | 46.46    | 30                          | 0                        | 15                          | 5               | NO CUMPLE                    |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 255.7             | 41.4     | 10                          | 15                       | 50                          | 1.00E+04        | 3,4                          |

**Tabla 49.-** Eficiencia en remoción de carga orgánica correspondiente al primer muestreo

| Nombre de la unidad de humedal | Unidad | Valores obtenidos                  |   |   |              |
|--------------------------------|--------|------------------------------------|---|---|--------------|
|                                |        | Carga orgánica teórica en afluente | Carga orgánica real calculada en afluente | Carga orgánica real calculada en efluente | % Eficiencia |
| H-01                           | Kg/día | 0.44                               | 0.115                                     | 0.011                                     | 90.12        |
| H-02                           |        | 0.44                               | 0.067                                     | 0.013                                     | 80.67        |
| H-03                           |        | 0.11                               | 0.129                                     | 0.016                                     | 87.75        |

**Tabla 50.-** Eficiencia en remoción de carga orgánica correspondiente al segundo muestreo

| Nombre de la unidad de humedal | Unidad | Valores obtenidos                  |   |   |              |
|--------------------------------|--------|------------------------------------|---|---|--------------|
|                                |        | Carga orgánica teórica en afluente | Carga orgánica real calculada en afluente | Carga orgánica real calculada en efluente | % Eficiencia |
| H-01                           | Kg/día | 0.44                               | 0.109                                     | 0.009                                     | 92.02        |
| H-02                           |        | 0.44                               | 0.064                                     | 0.010                                     | 84.39        |
| H-03                           |        | 0.11                               | 0.123                                     | 0.012                                     | 90.10        |

**Tabla 51.-** Eficiencia en remoción de carga orgánica correspondiente al tercer muestreo

| Nombre de la unidad de humedal | Unidad | Valores obtenidos                  |   |   |              |
|--------------------------------|--------|------------------------------------|---|---|--------------|
|                                |        | Carga orgánica teórica en afluente | Carga orgánica real calculada en afluente | Carga orgánica real calculada en efluente | % Eficiencia |
| H-01                           | Kg/día | 0.44                               | 0.120                                     | 0.014                                     | 88.40        |
| H-02                           |        | 0.44                               | 0.070                                     | 0.016                                     | 77.29        |
| H-03                           |        | 0.11                               | 0.135                                     | 0.019                                     | 85.61        |

#### 5.4 Interpretación de resultados

En base a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, se procedió a verificar las dimensiones de cada una de las unidades, de acuerdo a los valores reales obtenidos para el afluente de cada unidad de humedal. Esto se realizó ya que para el diseño de los humedales se tomó como referencia un valor promedio de 336 mg/L para DBO<sub>5</sub> y 521.32 mg/L para DQO. Estos valores se obtuvieron de acuerdo a la **Tabla 1**.

No obstante, las dimensiones resultantes no presentaron un cambio significativo ya que la variación no supera los 0.05 metros en comparación de las dimensiones constructivas para cada unidad.

Habría que decir también que al analizar minuciosamente los resultados expresados en la **Tabla 14, 15 y 16** se observó en la unidad **H-01** una deficiencia en la remoción de contaminantes, descomposición de materia orgánica y absorción de nutrientes. Esta última deficiencia es constante en la unidad **H-01**.

La baja remoción en la unidad **H-01** se debió a que los beneficiarios se ausentaban periódicamente, sumado al incremento del número de habitantes debido al nacimiento de un bebe en el hogar posterior a la construcción, lo que dificultó el mantenimiento de la unidad de pretratamiento, esto provocó que partículas no sedimentadas pasaran hacia el humedal. Cabe mencionar que en la vivienda no se contaba con un suministro constante de agua, esto aumentó los periodos de retención y descomposición en la unidad.

Se debe mencionar que la unidad **H-03**, fue desprovista del mantenimiento necesario para su correcto funcionamiento, no obstante, se consideraran los resultados obtenidos en esta unidad, con el fin de documentar la posible eficiencia de estos sistemas al considerarse en estado de abandono.

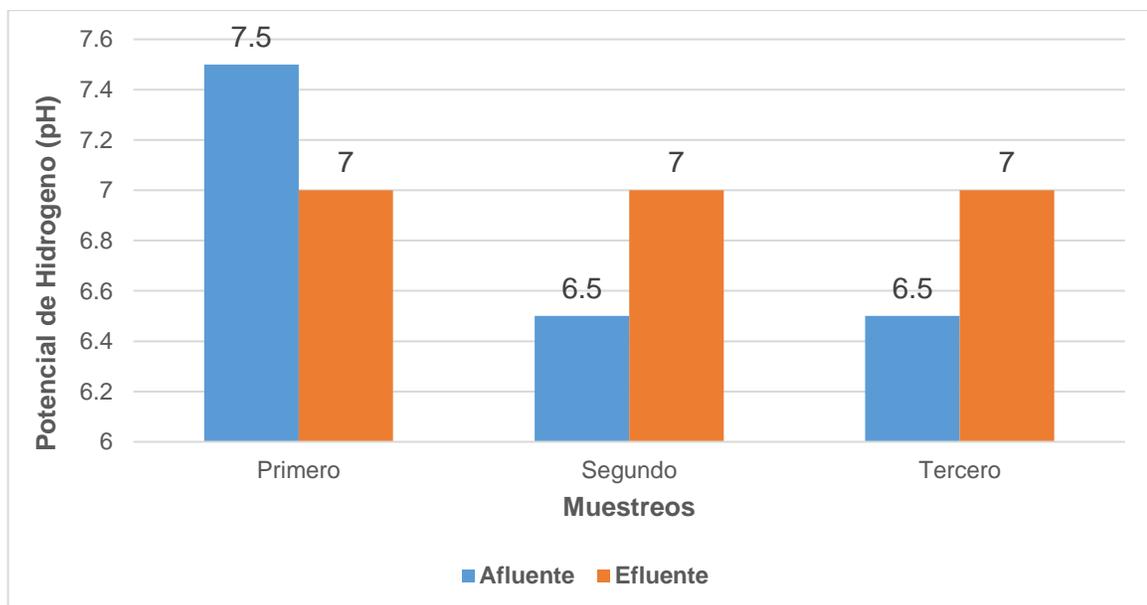
## 5.4.1 Potencial de hidrogeno (pH)

### 5.4.1.1 Humedal 1 (Unidad H-01)

De acuerdo a las **Tablas 14, 15 y 16**, para el pH, en el primer muestreo se obtuvieron valores de 7.5 para el afluente y 7.0 para el efluente, en el segundo muestreo se obtuvieron valores de 6.5 en el afluente y 7.0 en el efluente, sin embargo, en el tercer y último muestreo, el valor para el afluente se obtuvo un valor de 6.5 y para el efluente, un valor de 7.0, esto significa un aumento en la alcalinidad en el efluente con respecto al afluente, esto es en relación a los procesos de desnitrificación, nitrificación y metanogénesis que se generan en el humedal.

Los valores característicos de pH a encontrarse en aguas grises, están en un rango de **6.50 a 8.50**. El uso de jabones y detergentes incrementa este valor ya que en aguas de cocina sin tratar se han encontrado valores de **5.7** Sierra, (2006).

**Gráfico 1.-** Valores de pH obtenidos en el Humedal 1



Fuente: Elaboración propia (2018)

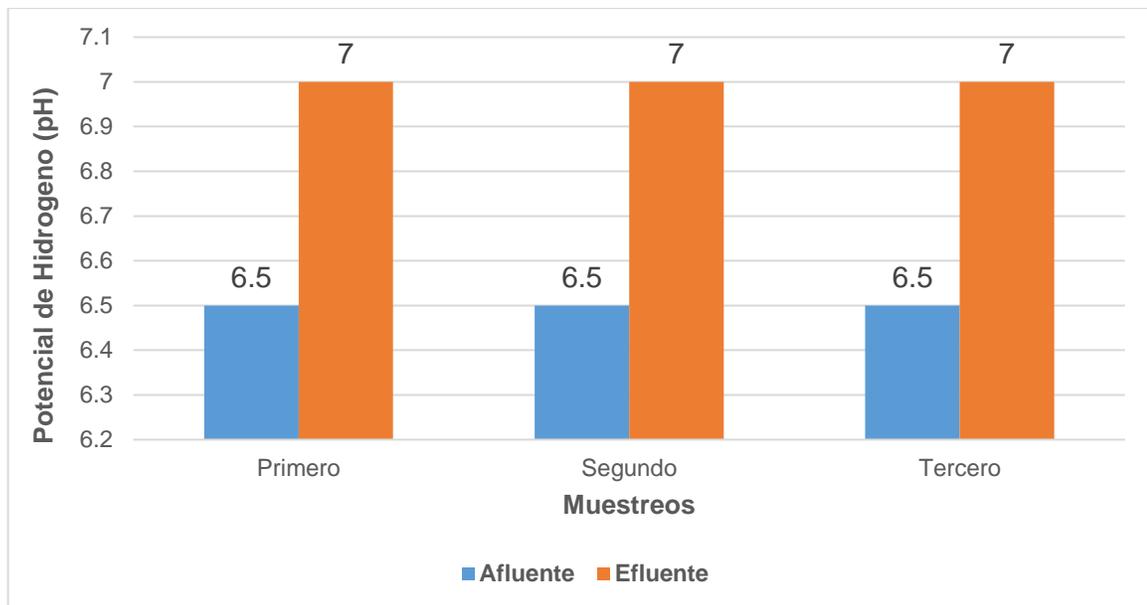
### 5.4.1.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

De acuerdo a las **Tablas 14, 15 y 16**, para el pH, en el primer muestreo se obtuvieron valores de 6.5 y 7.0, en el segundo muestreo se obtuvieron valores de 6.5 y 7.0, sin embargo, en el tercer y último muestreo, el valor para el afluente se obtuvo un valor de

6.5 y un valor de 7.0, estos valores son para afluente y efluente respectivamente, esto se interpreta como un aumento en la alcalinidad en el efluente con respecto al afluente, esto es en relación a los procesos de desnitrificación, nitrificación y metanogénesis que se generan en el humedal.

Los valores característicos de pH a encontrarse en aguas grises, están en un rango de **6.50 a 8.50**. El uso de jabones y detergentes incrementa este valor ya que en aguas de cocina sin tratar se han encontrado valores de **5.7** Sierra, (2006).

**Gráfico 2.-**Valores de pH obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

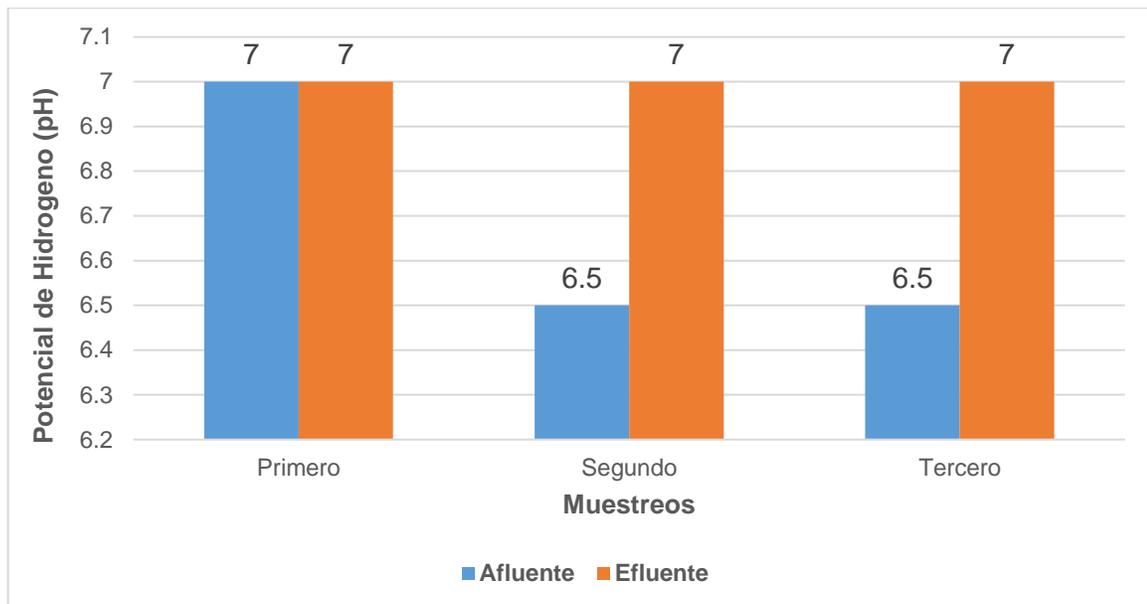
#### 5.4.1.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

De acuerdo a las **Tablas 14, 15 y 16**, para el pH, en el primer muestreo se obtuvieron valores de 7.0 tanto en afluente como en el efluente, en el segundo muestreo se obtuvieron valores de 6.5 en el afluente y 7.0 en el efluente, sin embargo, en el tercer y último muestreo, el valor para el afluente se obtuvo un valor de 6.5 y para el efluente, un valor de 7.0, esto significa un aumento en la alcalinidad en el efluente con respecto al afluente, esto es en relación a los procesos de desnitrificación, nitrificación y metanogénesis que se generan en el humedal.

Se puede observar que el pH en el efluente es constante en los resultados de los tres muestreos, es de importancia recalcar que la medición de pH se realizó utilizando cintas colorimétricas, en las que los valores están graduados cada 0.5 unidades de pH. Este no es un método tan preciso como un pH - metro. Por otro lado, el pH registrado es prácticamente neutro.

Los valores característicos de pH a encontrarse en aguas grises, están en un rango de **6.50 a 8.50**. El uso de jabones y detergentes incrementa este valor ya que en aguas de cocina sin tratar se han encontrado valores de **5.7** Sierra, (2006).

**Gráfico 3.-**Valores de pH obtenidos en el Humedal 3



Fuente: Elaboración propia (2018)

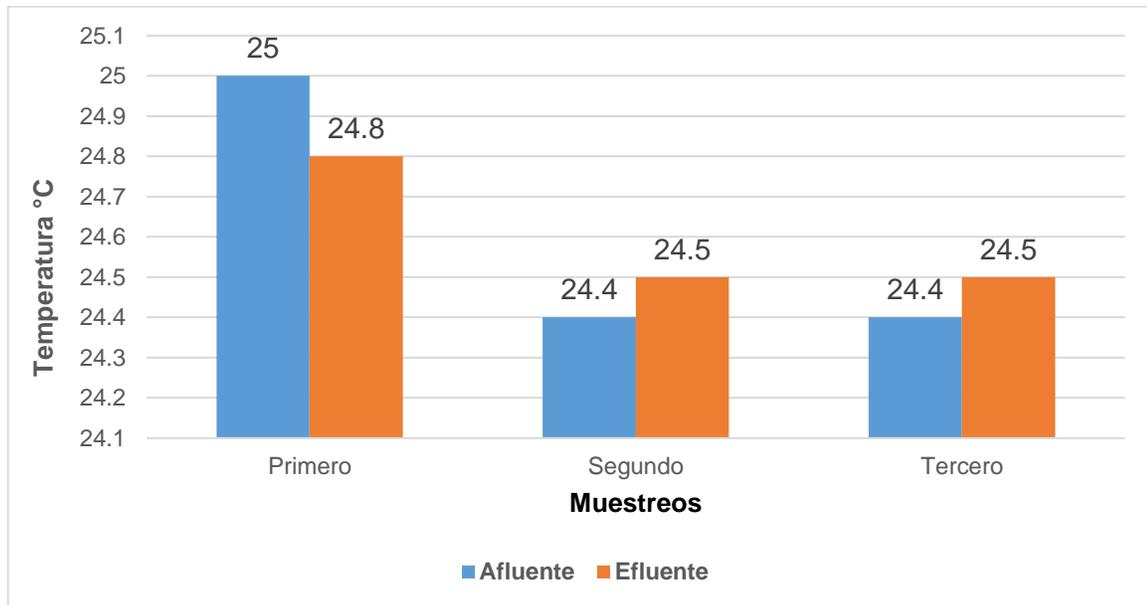
## 5.4.2 Temperatura

### 5.4.2.1 Humedal 1 (Unidad H-01)

Según las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores obtenidos en el primer muestreo para la temperatura son de **25° Celsius** en el afluente y de **24.8° Celsius** para el efluente, para el segundo muestreo, los valores de temperatura fueron de **24.4° Celsius** en el afluente y **24.5°** en el efluente, por otra parte, para el tercer muestreo, los valores fueron de **24.4° Celsius** para el afluente y **24.5°** para el efluente. Los cambios de temperatura se dan por las condiciones ambientales e igualmente por la temperatura de las aguas agrises.

Así mismo, se puede observar que la temperatura medida para la unidad, no presenta cambios drásticos y significativos. En el efluente la temperatura va en ascenso, esto se debe a los procesos físicos, químicos y biológicos del humedal. Es importante recalcar que, a través del paso del tiempo, el humedal se estabilizaba aún más.

**Gráfico 4.-**Valores de temperatura obtenidos en el Humedal 1



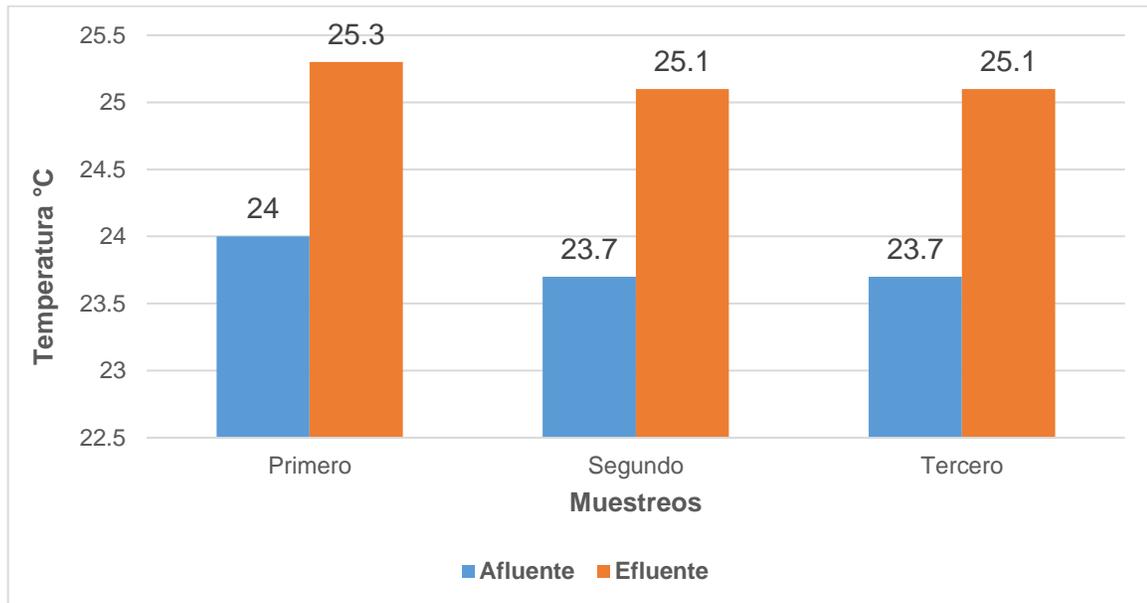
Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.2.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

Según las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores obtenidos en el primer muestreo para la temperatura son de **24°** Celsius en el afluente y de **25.3°** Celsius para el efluente, para el segundo muestreo, los valores de temperatura fueron de **23.7°** Celsius en el afluente y **25.1°** en el efluente, por otra parte, para el tercer muestreo, los valores fueron de **23.7°** Celsius para el afluente y **25.1°** para el efluente. Los cambios de temperatura se dan por las condiciones ambientales e igualmente por la temperatura de las aguas agrises.

Se puede observar que la temperatura medida para la unidad, no presenta cambios drásticos y significativos. En el efluente la temperatura tiende a ascender, esto se debe a los procesos físicos, químicos y biológicos del humedal. Es importante recalcar que, a través del paso del tiempo, el humedal se estabilizaba aún más.

**Gráfico 5.-**Valores de temperatura obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

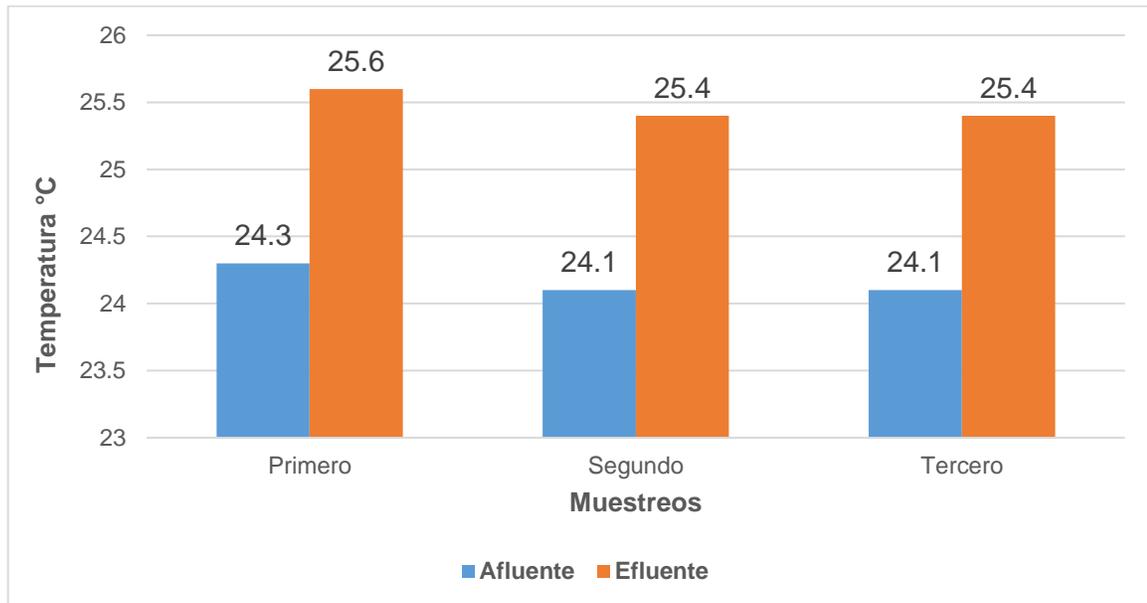
#### 5.4.2.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

Según las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores obtenidos en el primer muestreo para la temperatura son de **24.3° Celsius** en el afluente y de **25.6° Celsius** para el efluente, para el segundo muestreo, los valores de temperatura fueron de **24.1° Celsius** en el afluente y **25.4°** en el efluente, por otra parte, para el tercer muestreo, los valores fueron de **24.1° Celsius** para el afluente y **25.1°** para el efluente. Los cambios de temperatura se dan por las condiciones ambientales e igualmente por la temperatura de las aguas agrises.

Esto también puede explicarse al tener en cuenta, que se están llevando a cabo procesos de oxidación que se ven favorecidos con el aumento de temperatura. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad con la que los microorganismos degradan la materia orgánica, igualmente son procesos biológicos del humedal.

Se puede observar que la temperatura medida para la unidad, no presenta cambios drásticos y significativos. En el efluente la temperatura tiende a ascender, esto se debe a los procesos físicos, químicos y biológicos del humedal. Es importante recalcar que, a través del paso del tiempo, el humedal se estabilizaba aún más.

**Gráfico 6.-**Valores de temperatura obtenidos en el Humedal 3



Fuente: Elaboración propia (2018)

En referencias encontramos que el rango de la temperatura está entre los valores de **18°** a **38°** Celsius para agua grises según Sierra, (2006), en el caso de los humedales de San Marcos Carazo, reportan temperaturas de **28.10°** y **26.15°** Celsius para los efluentes.

### 5.4.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

#### 5.4.3.1 Humedal 1 (Unidad H-01)

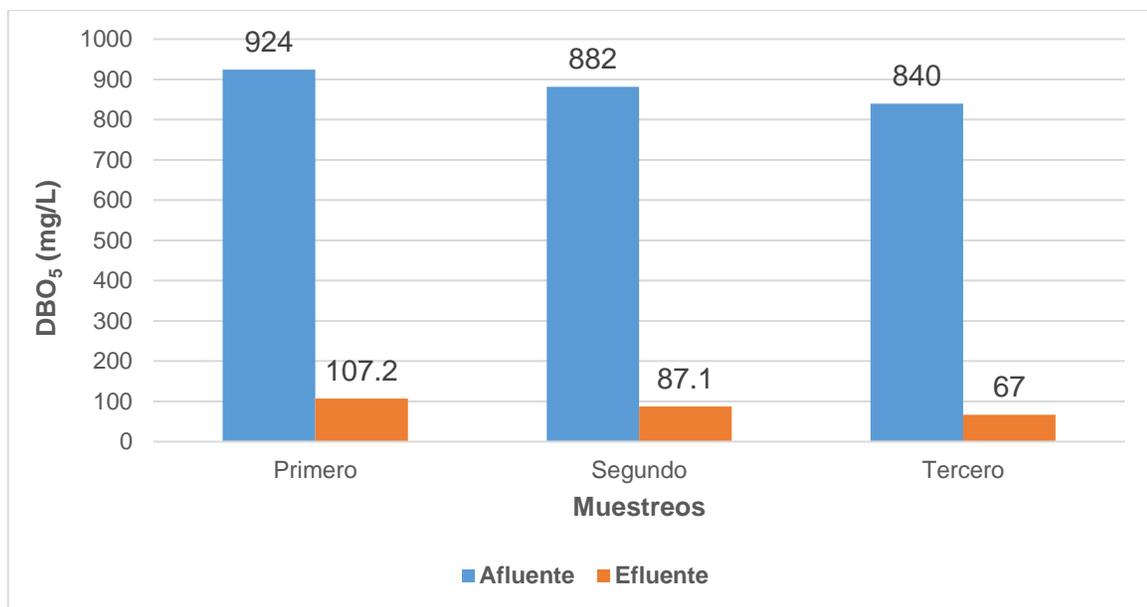
Según las **Tablas 14, 15 y 16**, se observa, que la concentración DBO<sub>5</sub> cuenta con una variabilidad en los valores del efluente, las concentraciones se expresaron de la siguiente manera, en el primer muestreo la concentración de DBO<sub>5</sub> es de **924 mg/L** para el afluente, con respecto al efluente que es de **107.2 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción de concentración de DBO<sub>5</sub> del **88.40%** respectivamente, es de importancia resaltar que el valor del efluente en el primer muestreo es alto y se debe a que el sistema está en arranque.

Por otra parte, para el segundo muestreo hay una disminución en la concentración de este parámetro los valores obtenidos fueron de **882 mg/L** para el afluente y **87.1 mg/L** para el efluente, obteniendo de esta manera una eficiencia del **90.12%**; esto se debe, a

que el humedal está más estabilizado, al pasar de los meses las plantas se desarrollan logrando una mejor estabilización del sustrato.

Es debido a lo mencionado anteriormente que la concentración de DBO<sub>5</sub> más baja se muestra en el tercer muestreo, donde los valores obtenidos fueron de **840 mg/L** para el afluente y **67 mg/L** para el efluente, con una eficiencia en la remoción del **92.02%**, de igual manera esto se debe a las condiciones y procesos físicos, químicos y biológicos del humedal que mejoraron con el pasar del tiempo.

**Gráfico 7.-**Valores de DBO<sub>5</sub> obtenidos en el Humedal 1



Fuente: Elaboración propia (2018)

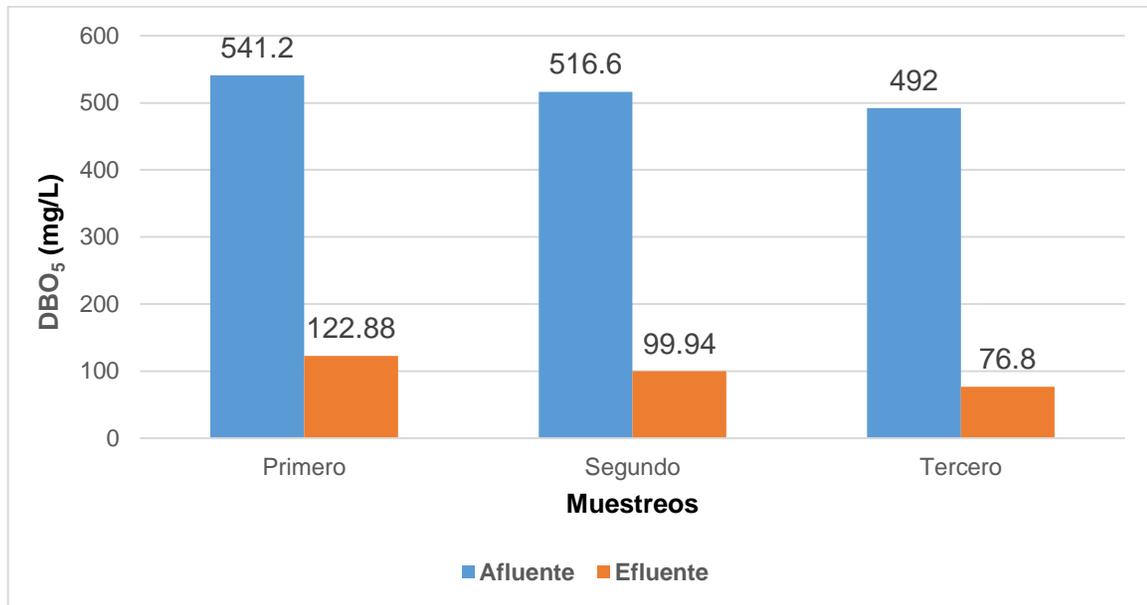
#### 5.4.3.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

Según las **Tablas 14, 15 y 16**, se observa, que la concentración de DBO<sub>5</sub> cuenta con una variabilidad en los valores del efluente, las concentraciones se expresaron de la siguiente manera, en el primer muestreo la concentración de DBO<sub>5</sub> es de **541.2 mg/L** para el afluente, con respecto al efluente que es de **122.88 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción de concentración de DBO<sub>5</sub> del **77.29%** respectivamente, es de importancia resaltar que el valor del efluente en el primer muestreo es alto y se debe a que el sistema está en arranque.

Por otra parte, para el segundo muestreo hay una disminución en la concentración de este parámetro los valores obtenidos fueron de **516.6 mg/L** para el afluente y **99.94 mg/L** para el efluente, obteniendo de esta manera una eficiencia del **80.67%**; esto se debe, a que el humedal está más estabilizado, al pasar de los meses las plantas se desarrollan logrando una mejor estabilización del sustrato.

Es debido a lo mencionado anteriormente que la concentración de DBO<sub>5</sub> más baja se muestra en el tercer muestreo, donde los valores obtenidos fueron de **492 mg/L** para el afluente y **76.8 mg/L** para el efluente, con una eficiencia en la remoción del **84.39%**, de igual manera esto se debe a las condiciones y procesos físicos, químicos y biológicos del humedal que mejoraron con el pasar del tiempo.

**Gráfico 8.-**Valores de DBO<sub>5</sub> obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.3.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

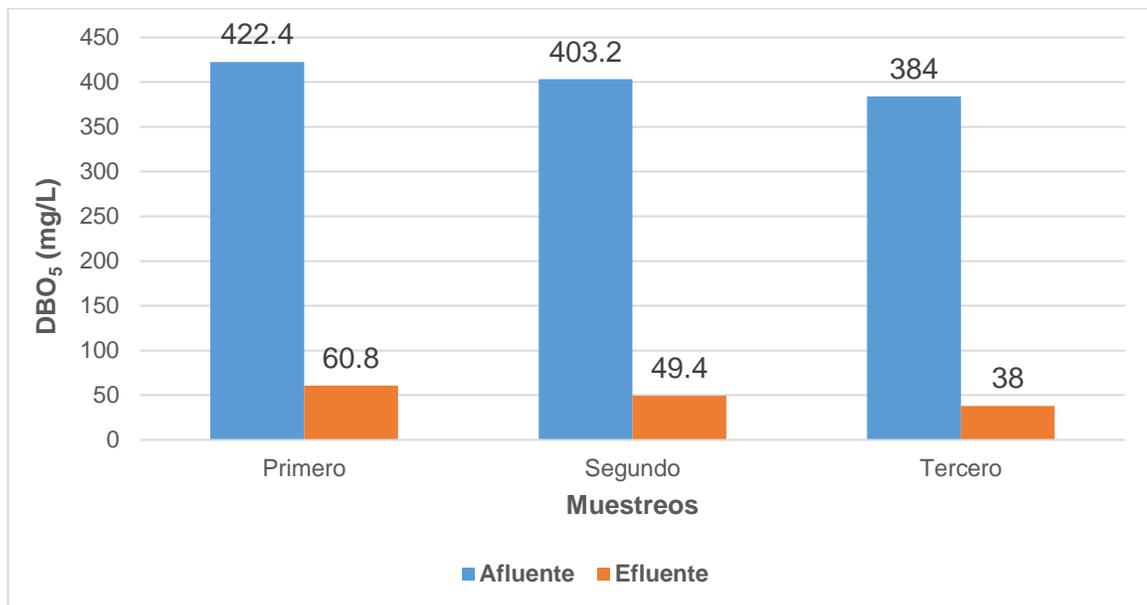
Según las **Tablas 14, 15 y 16**, se observa, que la concentración de DBO<sub>5</sub> cuenta con una variabilidad en los valores del efluente, las concentraciones se expresaron de la siguiente manera, en el primer muestreo la concentración de DBO<sub>5</sub> es de **422.4 mg/L** para el afluente, con respecto al efluente que es de **60.8 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción de concentración de DBO<sub>5</sub> del **85.61%** respectivamente, es de

importancia resaltar que el valor del efluente en el primer muestreo es alto y se debe a que el sistema está en arranque.

Por otra parte, para el segundo muestreo hay una disminución en la concentración de este parámetro los valores obtenidos fueron de **403.2 mg/L** para el afluente y **49.4 mg/L** para el efluente, obteniendo de esta manera una eficiencia del **87.75%**; esto se debe, a que el humedal está más estable, al pasar los meses las plantas se desarrollan logrando una mejor estabilización del sustrato.

Es debido a lo mencionado anteriormente que la concentración de  $DBO_5$  más baja se muestra en el tercer muestreo, donde los valores obtenidos fueron de **384 mg/L** para el afluente y **38 mg/L** para el efluente, con una eficiencia en la remoción del **90.10%**, de igual manera esto se debe a las condiciones y procesos físicos, químicos y biológicos del humedal que mejoraron con el pasar del tiempo.

**Gráfico 9.-**Valores de  $DBO_5$  obtenidos en el Humedal 3



Fuente: Elaboración propia (2018)

Las concentraciones en el afluente, también tienen una disminución, de la misma manera, las personas que habitan la vivienda pasaron un proceso de adaptación con respecto a este tipo de tecnología, así mismo, mejoraron sus hábitos de limpieza, ya que al principio hacían un mal manejo de los desechos sólidos, los cuales eran evacuados

por la tubería que conecta con las trampas de grasas y posteriormente hacia el humedal. Por otra parte, la remoción proyectada fue de **92%** para el diseño de estas unidades, por lo tanto, el valor obtenido no cumple lo esperado de acuerdo al diseño.

Un factor importante en la remoción de los contaminantes es la inyección de oxígeno en el humedal, las plantas no están suministrando el suficiente oxígeno para lograr reducir más la concentración de los contaminantes, otro factor es que no se cuenta con un flujo continuo que provea más oxígeno en el medio.

Hay que mencionar que la remoción de DBO<sub>5</sub> en el humedal se da gracias a la acción microbiana aerobia y ocurre rápidamente por la sedimentación y filtración de partículas entre lecho filtrante (grava) y las plantas. La DBO<sub>5</sub> soluble es eliminada por microorganismos que crecen en la superficie del lecho filtrante (grava), raíces y rizomas de las plantas.

En referencia a literatura según Sierra, (2006) los valores de concentración de DBO<sub>5</sub> a encontrarse en el agua gris están comprendido entre **5 mg/L a 1460 mg/L**. Igualmente los humedales en San Marcos Carazo reportan eficiencias de **78%** y **77%** en remoción de la concentración de DBO<sub>5</sub>.

IDEASS, (2011) reporta una eficiencia para DBO<sub>5</sub> de **85 a 95%**, los estudios realizados en el distrito federal, (2005) reporta una eficiencia de **80%**, IMTA, (1989) reporta una eficiencia en la remoción del **53%**, según la (NTON 05 – 027 – 05) para humedales de flujo sub superficial como lo es en nuestro caso reporta una eficiencia de 92 a 96% para este parámetro.

Si bien la eficiencia obtenida no es la que se proyectó, se logró obtener una remoción alta en la concentración de DBO<sub>5</sub> y se encuentra entre los valores con respecto a otras investigaciones.

#### **5.4.4 Demanda química de oxígeno (DQO)**

##### **5.4.4.1 Humedal 1 (Unidad H-01)**

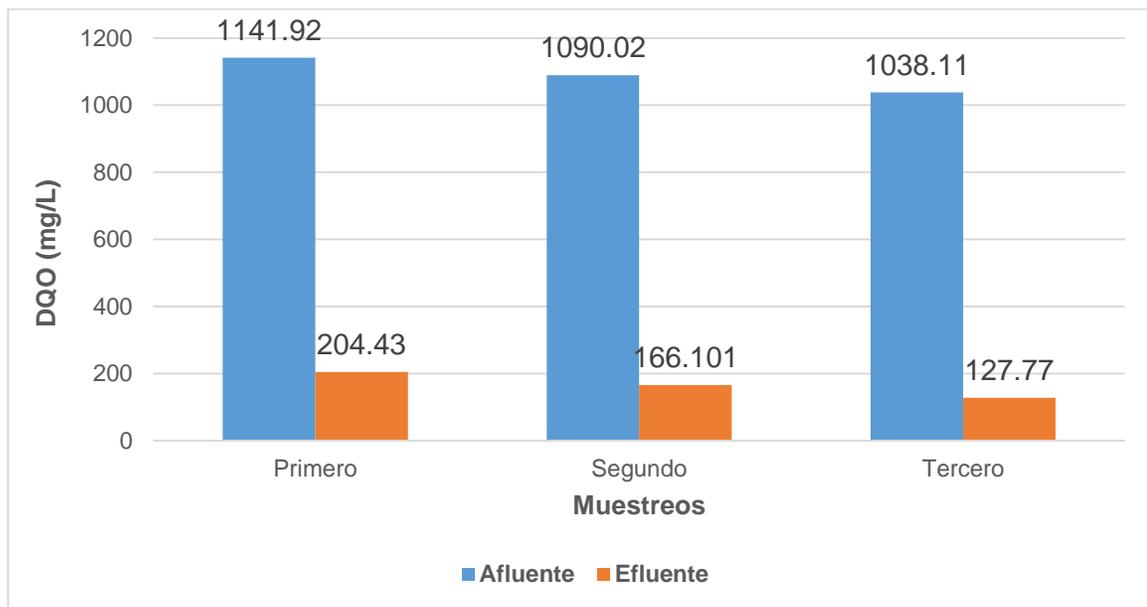
Mediante los resultados reflejados en las **Tablas 14, 15 y 16**, se puede observar una variación en las concentraciones de DQO en el efluente de la unidad, que se expresó de la siguiente manera, en el primer muestreo la concentración de DQO es de **1141.92**

**mg/L** para el afluente, con respecto al efluente es de **204.43 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción de concentración de DQO del **82.10%** respectivamente, es de importancia recalcar que el efluente en el primer muestreo es alto y se debe a que el sistema está en arranque.

Por otra parte, para el segundo muestreo hay una disminución en la concentración de este parámetro, los valores obtenidos fueron de **1090.02 mg/L** para el afluente y **166.10 mg/L** para el efluente, obteniendo de esta manera una eficiencia del **84.76%**; esto se debe, a que el humedal está más estabilizado, al pasar de los meses, las plantas se van desarrollando logrando una mejor estabilización del sustrato.

Es por eso que la concentración de DQO más baja se muestra en el tercer muestreo, donde los valores obtenidos fueron de **1038.11 mg/L** para el afluente y **127.77 mg/L** para el efluente, con una eficiencia en la remoción del **92.02%** igualmente esto se debe a las condiciones y procesos físicos, químicos y biológicos del humedal mejoraron con el pasar del tiempo.

**Gráfico 10.-**Valores de DQO obtenidos en el Humedal 1



**Fuente:** Elaboración propia (2018)

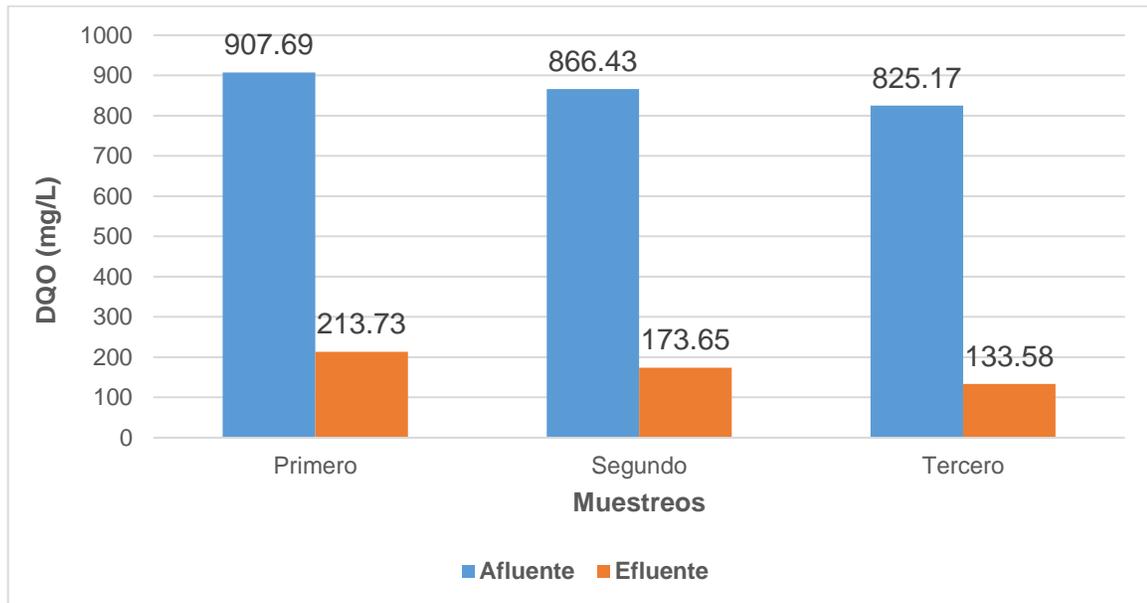
#### 5.4.4.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

Mediante los resultados reflejados en las **Tablas 14, 15 y 16**, se puede observar una variación en las concentraciones de DQO en el efluente de la unidad, que se expresó de la siguiente manera, en el primer muestreo la concentración de DQO es de **907.69 mg/L** para el afluente, con respecto al efluente es de **213.73 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción de concentración de DQO del **76.45%** respectivamente, es de importancia recalcar que el efluente en el primer muestreo es alto y se debe a que el sistema está en arranque.

Por otra parte, para el segundo muestreo hay una disminución en la concentración de este parámetro, los valores obtenidos fueron de **866.43 mg/L** para el afluente y **173.65 mg/L** para el efluente, obteniendo de esta manera una eficiencia del **79.96%**; esto se debe, a que el humedal está más estabilizado, al pasar de los meses, las plantas se van desarrollando logrando una mejor estabilización del sustrato.

Es por eso que la concentración de DQO más baja se muestra en el tercer muestreo, donde los valores obtenidos fueron de **825.17 mg/L** para el afluente y **133.58 mg/L** para el efluente, con una eficiencia en la remoción del **83.81%** igualmente esto se debe a las condiciones y procesos físicos, químicos y biológicos del humedal mejoraron con el pasar del tiempo.

**Gráfico 11.-**Valores de DQO obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.4.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

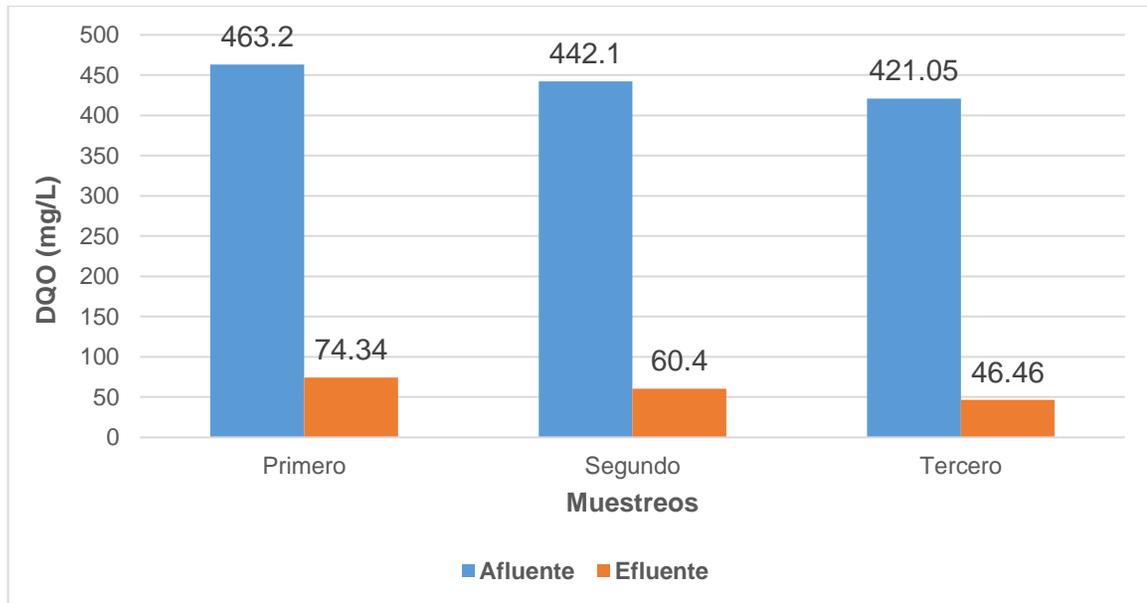
Mediante los resultados reflejados en las **Tablas 14, 15 y 16**, se puede observar una variación en las concentraciones de DQO en el efluente de la unidad, que se expresó de la siguiente manera, en el primer muestreo la concentración de DQO es de **463.2 mg/L** para el afluente, con respecto al efluente es de **74.34 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción de concentración de DQO del **83.95%** respectivamente, es de importancia recalcar que el efluente en el primer muestreo es alto y se debe a que el sistema está en arranque.

Por otra parte, para el segundo muestreo hay una disminución en la concentración de este parámetro, los valores obtenidos fueron de **442.10 mg/L** para el afluente y **60.4 mg/L** para el efluente, obteniendo de esta manera una eficiencia del **86.34%**; esto se debe, a que el humedal está más estabilizado, al pasar de los meses, las plantas se van desarrollando logrando una mejor estabilización del sustrato.

Es por eso que la concentración de DQO más baja se muestra en el tercer muestreo, donde los valores obtenidos fueron de **421.05 mg/L** para el afluente y **46.46 mg/L** para el efluente, con una eficiencia en la remoción del **88.97%**, igualmente esto se debe a las

condiciones y procesos físicos, químicos y biológicos del humedal mejoraron con el pasar del tiempo.

**Gráfico 12.-**Valores de DQO obtenidos en el Humedal 3



**Fuente:** Elaboración propia (2018)

Las concentraciones en el afluente, también tienen una disminución, ya que las personas que habitan la vivienda, iban en un proceso de adaptación con respecto a este tipo de tecnología, de la misma forma, mejoraron sus hábitos de limpieza, ya que al principio hacían un mal manejo de los desechos sólidos, como restos de comida los cuales eran evacuados por la tubería que conecta con las trampas de grasas y posteriormente hacia el humedal.

La reducción en la concentración de DQO se logra mediante la sedimentación y filtración, la materia orgánica soluble es fijada y asimilada por la bio-película y degradadas por las bacterias adheridas en esta.

La eficiencia reportada por IDEASS, (2011) es **95%** para DQO, los estudios realizados en el distrito federal, (2005) reporta una eficiencia de **71%** para DQO, IMTA, (1989) reporta una eficiencia en la remoción del **61.18%**, por otro lado, los humedales de San Marcos Carazo reportan eficiencias de **73 y 79%** para este mismo parámetro.

En referencia a literatura Sierra, (2006) los valores de concentración de DQO a encontrarse en el agua gris están comprendido entre **26 mg/L a 1815 mg/L**. Es de importancia recalcar que la reducción de la concentración de DQO, está asociada a los periodos de retención del humedal para el diseño de la unidad.

Está estipulado un tiempo de retención hidráulica de 2 día el cual es el mínimo para este tipo de tecnología, igualmente puede ser que las plantas no estén suministrando el suficiente oxígeno, para el desarrollo de la comunidad microbiana responsable en gran parte del proceso de remoción de este parámetro.

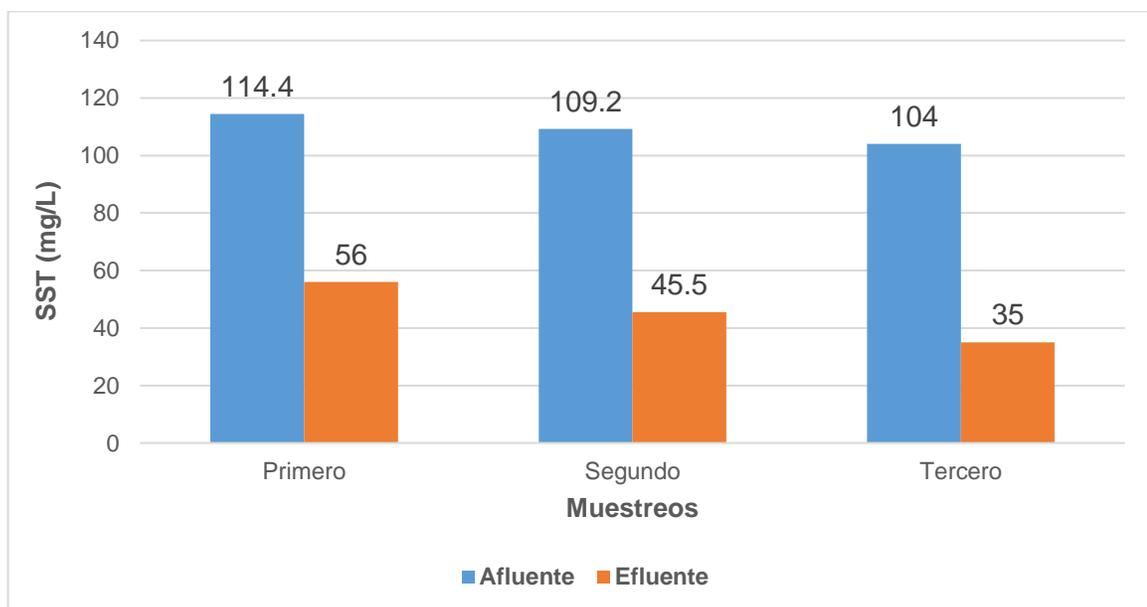
#### 5.4.5 Sólidos suspendidos totales

##### 5.4.5.1 Tratamiento preliminar

##### 5.4.5.1.1 Humedal 1 (Unidad H-01)

Según los datos en las **Tablas 14, 15 y 16**, las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el primer muestreo fueron de **114.4 mg/L** en el afluente, para el efluente es de **56 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción del **51.05%**, para el segundo muestreo los valores fueron de **109.2 mg/L** para el afluente y **45.5 mg/L** para el efluente, con eficiencia del **58.33%**. Para el tercer muestreo los valores fueron de **104 mg/L** para el afluente y **35 mg/L** para el efluente, con eficiencia del **66.35%**.

**Gráfico 13.-**Valores de SST obtenidos en el Humedal 1

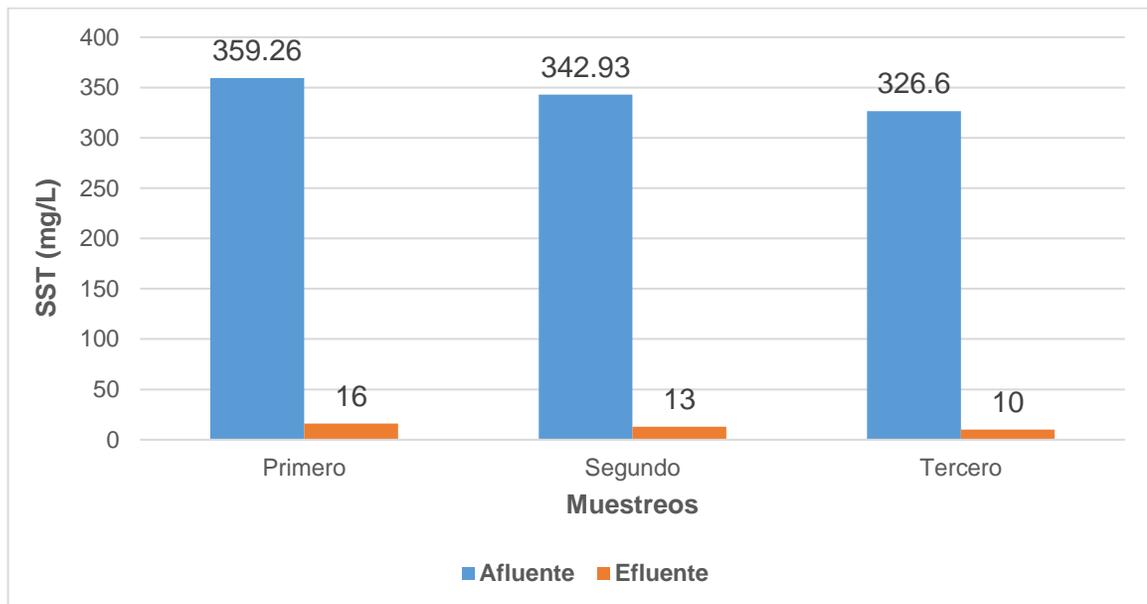


Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.5.1.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

Según los datos en las **Tablas 14, 15 y 16**, las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el primer muestreo fueron de **359.26 mg/L** en el afluente, para el efluente es de **16 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción del **95.55%**, para el segundo muestreo los valores fueron de **342.93 mg/L** para el afluente y **13 mg/L** para el efluente, con eficiencia del **96.21%**. Para el tercer muestreo los valores fueron de **326.6 mg/L** para el afluente y **10 mg/L** para el efluente, con eficiencia del **96.94%**.

**Gráfico 14.-**Valores de SST obtenidos en el Humedal 2

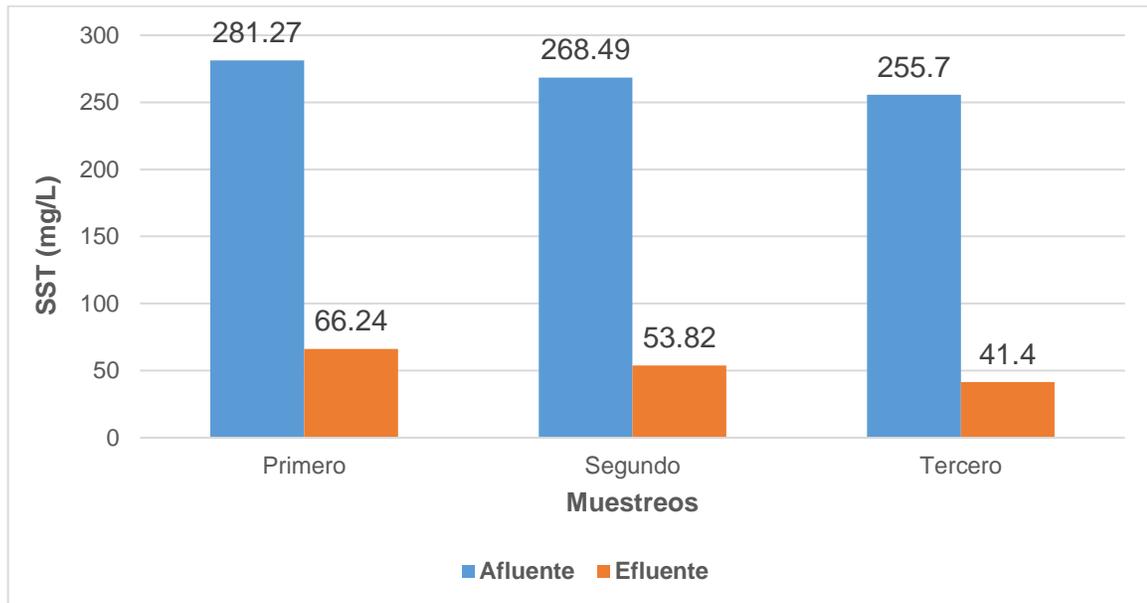


Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.5.1.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

Según los datos en las **Tablas 14, 15 y 16**, las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el primer muestreo fueron de **281.27 mg/L** en el afluente, para el efluente es de **66.24 mg/L**, obteniendo una eficiencia en la remoción del **76.45%**, para el segundo muestreo los valores fueron de **268.49 mg/L** para el afluente y **53.82 mg/L** para el efluente, con eficiencia del **79.95%**. Para el tercer muestreo los valores fueron de **255.7** para el afluente y **41.4 mg/L** para el efluente, con eficiencia del **83.81%**.

**Gráfico 15.-Valores de SST obtenidos en el Humedal 3**



**Fuente:** Elaboración propia (2018)

El motivo por el cual se tomó la muestra antes de la primera unidad de pretratamiento es para obtener los valores reales que estarán entrando al sistema, en este caso se ve en los sólidos suspendidos totales, se puede apreciar una variación en la concentración de SST en el efluente el cual va en disminución, igualmente no presenta cambios drásticos, ya que la mayor parte de la concentración de ellos se remueve en el tratamiento preliminar o pre-tratamiento, donde el sistema cuenta con dos las cuales influenciaron en la reducción en la concentración de SST.

La concentración de sólidos totales en el afluente y efluente de los humedales, se determinó como sólidos suspendidos totales (mg/L). En general, gran parte de esta fue removida o retenida en las unidades de pretratamiento, estos sólidos se precipitaron en el fondo de los recipientes o bien suspendidos en la superficie del espejo de agua.

El resto quedó retenido en el humedal debido a las constricciones del flujo producidas por el medio granular, la baja velocidad del agua, por la fuerza de adhesión de las partículas y por la descomposición durante los largos tiempos de retención por bacterias especializadas en lecho filtrante (grava).

La concentración de sólidos suspendidos totales a encontrar en aguas grises es de 7 a 330 mg/L Schneider, (2009). IDEASS, (2011) reporta una eficiencia para SST del **90%**, IMTA, (1989) reporta una eficiencia en la remoción del **89%**, los estudios realizados en el distrito federal, (2005) reportan una eficiencia del **80%**. Igualmente, los humedales de San Marcos Carazo reportan eficiencias de **84%** y **78%** en remoción de la concentración de SST.

#### **5.4.6 Nutrientes**

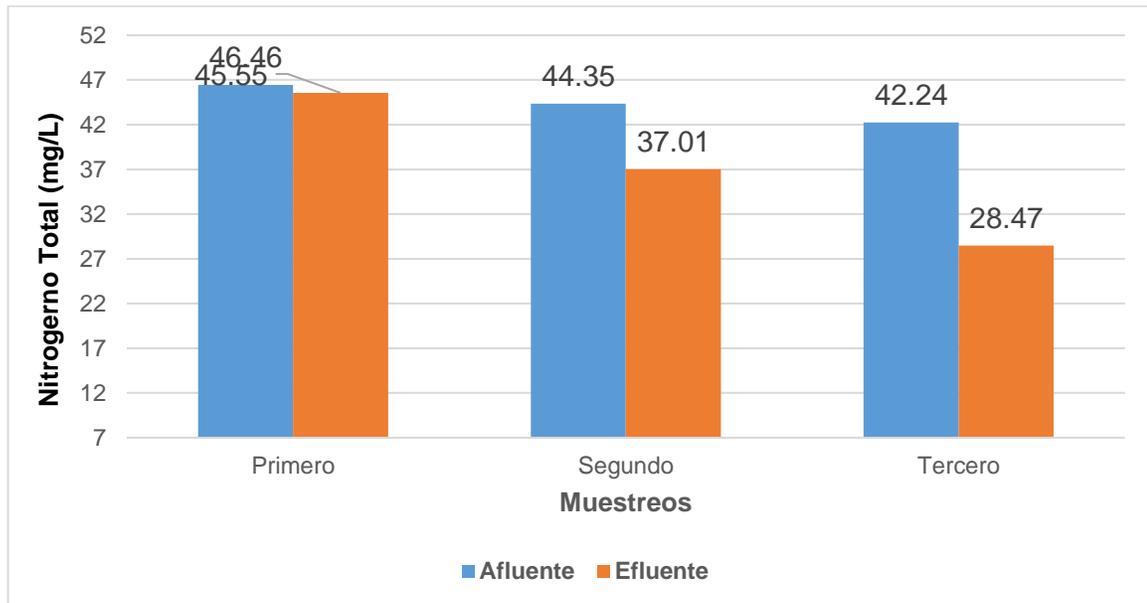
##### **5.4.6.1 Nitrógeno total**

###### **5.4.6.1.1 Humedal 1 (Unidad H-01)**

De acuerdo a las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores obtenidos para nitrógeno total son de **46.46 mg/L** para el afluente y **45.55 mg/L** para el efluente en el primer muestreo, para el segundo muestreo los valores obtenidos fueron de **44.35 mg/L** para el afluente y **37.01 mg/L** para el efluente; y para el tercer muestreo fueron de **42.24 mg/L** para el afluente y **28.47 mg/L** para el efluente. El rendimiento de este parámetro es positivo, aunque no se generaron altos porcentajes de absorción, siendo estos de **1.96 %** en el primer muestreo, el segundo de **16.55%** y el tercer muestreo fue del **32.60%** en la concentración de nitrógeno total.

Si bien no se logró una gran absorción de este nutriente, el rendimiento es positivo, se puede observar que hay una variabilidad en las concentraciones de nitrógeno total, las cuales van en disminución. Esto se debe a que el humedal se estabilizó con el pasar del tiempo y las plantas iban en desarrollo mejorando la estabilización del sustrato.

**Gráfico 16.-**Valores de Nitrógeno total obtenidos en el Humedal 1



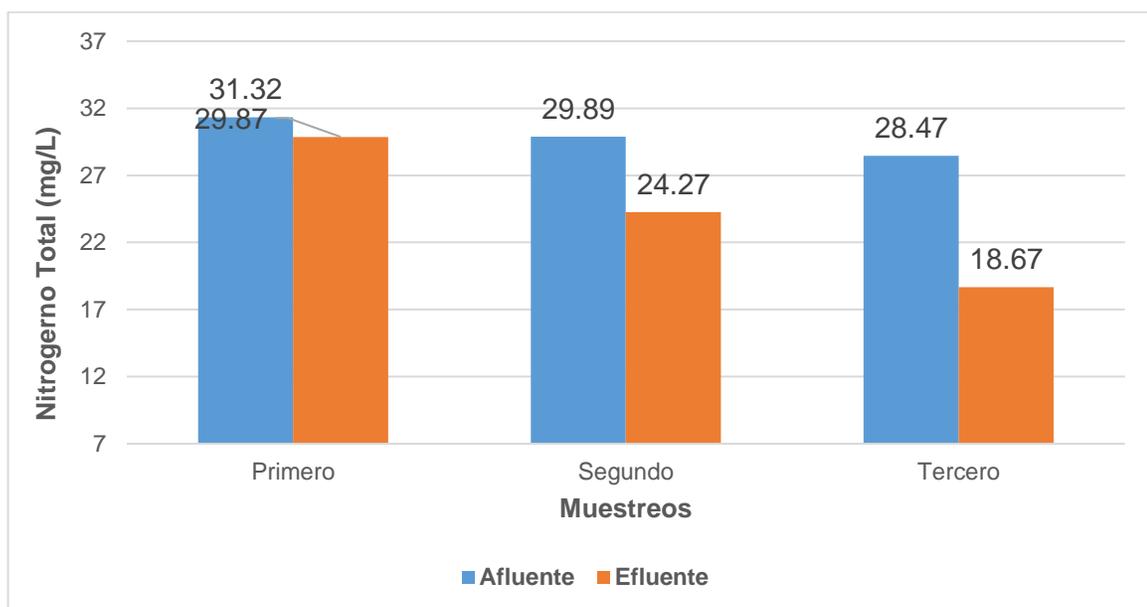
Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.6.1.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

De acuerdo a las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores obtenidos para nitrógeno total son de **31.32 mg/L** para el afluente y **29.87 mg/L** para el efluente en el primer muestreo, para el segundo muestreo los valores obtenidos fueron de **29.89 mg/L** para el afluente y **24.27 mg/L** para el efluente; y para el tercer muestreo fueron de **28.47 mg/L** para el afluente y **18.67 mg/L** para el efluente. El rendimiento de este parámetro es positivo, aunque no se generaron altos porcentajes de absorción, siendo estos de **4.61%** en el primer muestreo, el segundo de **18.81%** y el tercer muestreo fue del **34.42%** en la concentración de nitrógeno total.

Si bien no se logró una gran absorción de este nutriente, el rendimiento es positivo, en se puede observar que hay una variabilidad en las concentraciones de nitrógeno total, las cuales van en disminución. Esto se debe a que el humedal se estabilizo con el pasar del tiempo y las plantas iban en desarrollo mejorando la estabilización del sustrato.

**Gráfico 17.-**Valores de Nitrógeno total obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

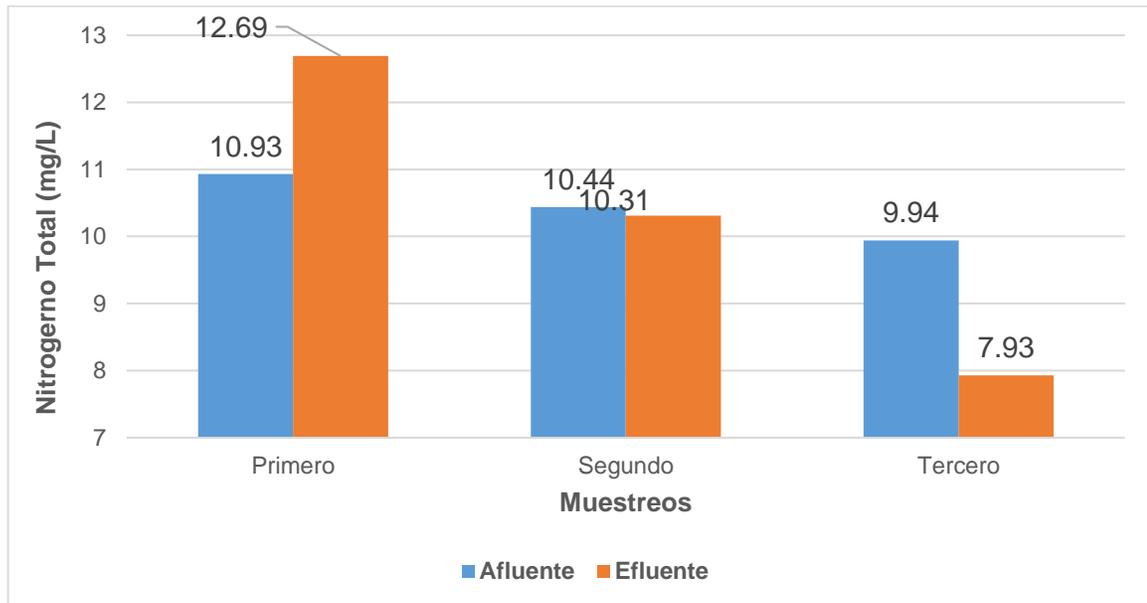
#### 5.4.6.1.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

De acuerdo a las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores obtenidos para nitrógeno total son de **10.93 mg/L** para el afluyente y **12.69 mg/L** para el efluente en el primer muestreo, para el segundo muestreo los valores obtenidos fueron de **10.44 mg/L** para el afluyente y **10.31 mg/L** para el efluente; y para el tercer muestreo fueron de **9.94 mg/L** para el afluyente y **7.93 mg/L** para el efluente.

El rendimiento de este parámetro difiere conforme el paso del tiempo, aunque no se generaron altos porcentajes de absorción, registrando un aumento de nitrógeno por **16.04%** en el primer muestreo, en el segundo una reducción de **1.23%** y en el tercer muestreo fue del **20.22%** en la concentración de nitrógeno total.

Si bien no se logró una gran absorción de este nutriente, se puede observar que hay una variabilidad en las concentraciones de nitrógeno total, las cuales van en disminución. Esto se debe a que el humedal se estabilizó con el pasar del tiempo y las plantas iban en desarrollo mejorando la estabilización del sustrato.

**Gráfico 18.-**Valores de Nitrógeno total obtenidos en el Humedal 3



Fuente: Elaboración propia (2018)

En el caso de los humedales de San Marcos Carazo reportan en uno de los humedales un aumento del **2.85%**, con respecto al otro humedal, reportan en la absorción de nitrógeno de **17.85%**, esto fue a causa de que en la vivienda donde se construyó este humedal hubo una disminución en el consumo ocasionando que el periodo de retención aumentara, por otra parte, no reportan a cuanto se redujo el consumo.

El mayor mecanismo de remoción de nitrógeno, es la nitrificación biológica y desnitrificación. El oxígeno requerido para la nitrificación es suplido por difusión de la atmosfera y por medio de las raíces de las macrófitas. El nitrógeno también es tomado por las plantas e incorporado en la biomasa (cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis).

Otro factor que influye en la absorción de este nutriente se debe al periodo de retención ya que en el diseño se consideró el mínimo que es de 2 días. Para una mayor absorción de nitrógeno total se necesitan periodos de retención extensos que comprenden de 4 a 5 días. Si la disponibilidad del oxígeno es limitada, la capacidad de eliminación de amonio se reduce. Si el oxígeno no está limitado, la degradación aerobia dependerá de la cantidad de materia orgánica activa disponible para los microorganismos.

Por tanto, los bajos rendimientos obtenidos en las unidades en comparación a los descritos en la **Tabla 18** (Porcentaje de eficiencia esperados según NTON 05 027-05) en cuanto a la remoción de nitrógeno se refieren, podría estar vinculada a la falta de oxígeno en el medio, esto también puede ser afectado por la falta de flujo constante de agua, ya que esta es escasa en algunas temporadas.

El incremento del nitrógeno orgánico y/o nitrógeno amoniacal se encuentra asociado a la materia en suspensión presente en el agua residual, por tanto, la remoción de éste se da en gran parte por su eliminación.

La descomposición o mineralización (amonificación) es otra vía por la cual se remueve el nitrógeno orgánico, al pasar a su forma amoniacal. Sin embargo, los residuos de descomposición de especies vegetales u otros materiales orgánicos en el sistema, puede producir una descarga estacional de este compuesto.

Sumándose a esta condición, podemos considerar los hábitos de las personas durante el baño, ya que la orina, es una fuente importante de nitrógeno. Estas dos condiciones, podrían ser las causantes de la baja eficiencia en remoción de nitrógeno orgánico.

Según literatura el nitrógeno en las aguas grises esta entre los valores de **0.6 a 7.4 mg/L**, en comparación de a la concentración de aguas residuales domesticas es bajo ya que los valores están comprendidos de **20 a 80 mg/L**. la fuente principal de nitrógeno en aguas domésticas, es la orina; en las aguas grises la principal fuente de nitrógeno proviene de la cocina (sierra, 2006).

#### **5.4.6.2 Fosforo total**

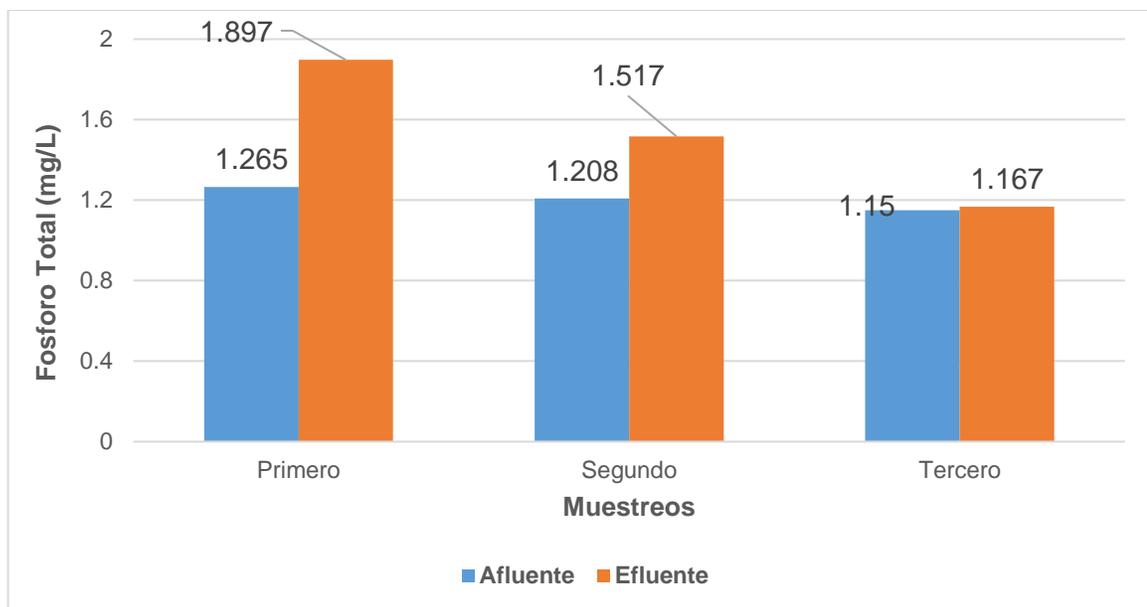
##### **5.4.6.2.1 Humedal 1 (Unidad H-01)**

Al observar los resultados en las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores muestran una variabilidad que va en desenso, la concentración de fosforo total para el afluente es de **1.265 mg/L** y para el efluente es de **1.897 mg/L** en el primer muestreo, con eficiencia negativa del **47.60%**, para el segundo muestreo los valores fueron para el afluente de **1.208 mg/L** y para el efluente es de **1.517 mg/L** obteniendo una eficidad negativa en la remocion de fosforo total del **25.64%**, para el tercer muestreo el valore obtenido en el

afluente es de **1.15 mg/L** y para el efluente es de **1.167 mg/L**, con una eficiencia negativa de **1.48%**.

Como se ha mencionado anteriormente, los mejores resultados que obtuvieron en el tercer muestreo, aun siendo negativos, se dieron porque el humedal se encontraba estabilizado y las plantas en su desarrollo lograron una mejor estabilizacion del sustrato y se alimentaban de los nutrientes como el fosforo total aunque no de la manera esperada.

**Gráfico 19.-**Valores de Fosforo total obtenidos en el Humedal 1



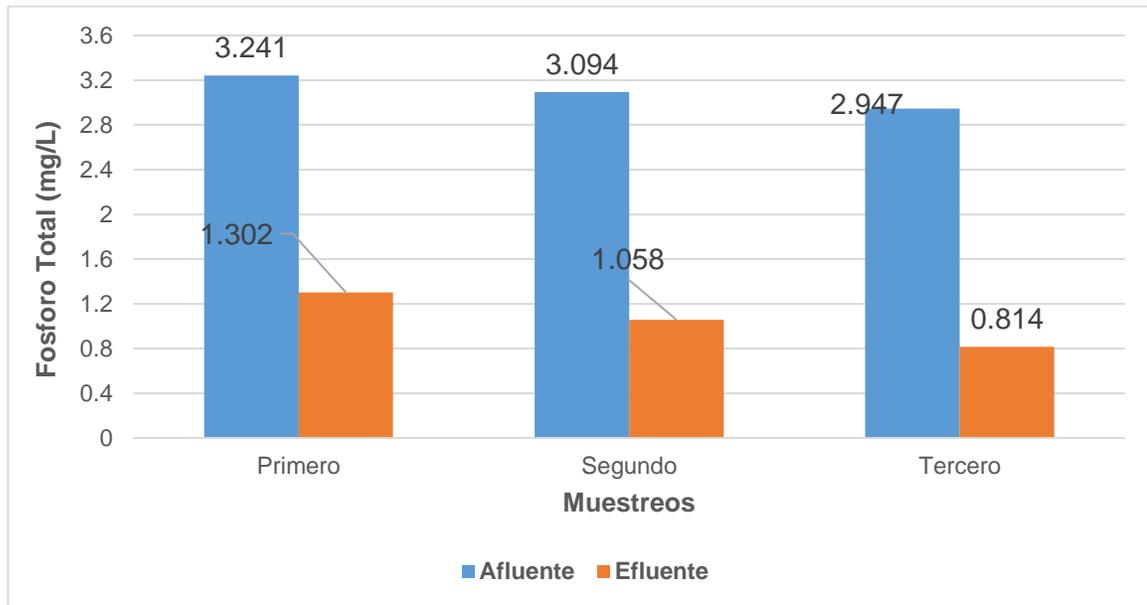
Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.6.2.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

Al retomar los resultados en las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores muestran una variabilidad que va en desenso, la concentracion de fosforo total para el afluente es de **3.241 mg/L** y para el efluente es de **1.302 mg/L** en el primer muestreo, con eficiencia positiva del **59.82%**, para el segundo muestreo los valores fueron para el afluente de **3.094 mg/L** y para el efluente es de **1.058 mg/L** obteniendo una eficiencia en la remocion de fosforo total del **65.80%**, para el tercer muestreo los valores obtenidos en el afluente son de **2.947 mg/L** y para el efluente es de **0.814 mg/L**, con una eficiencia de **72.38%**.

Como se ha mencionado anteriormente, los mejores resultados se obtuvieron en el tercer muestreo, aun siendo negativos, se dieron porque el humedal se encontraba estabilizado y las plantas en su desarrollo lograron una mejor estabilizacion del sustrato y se alimentaban de los nutrientes como el fosforo total aunque no de la manera esperada.

**Gráfico 20.-**Valores de Fosforo total obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

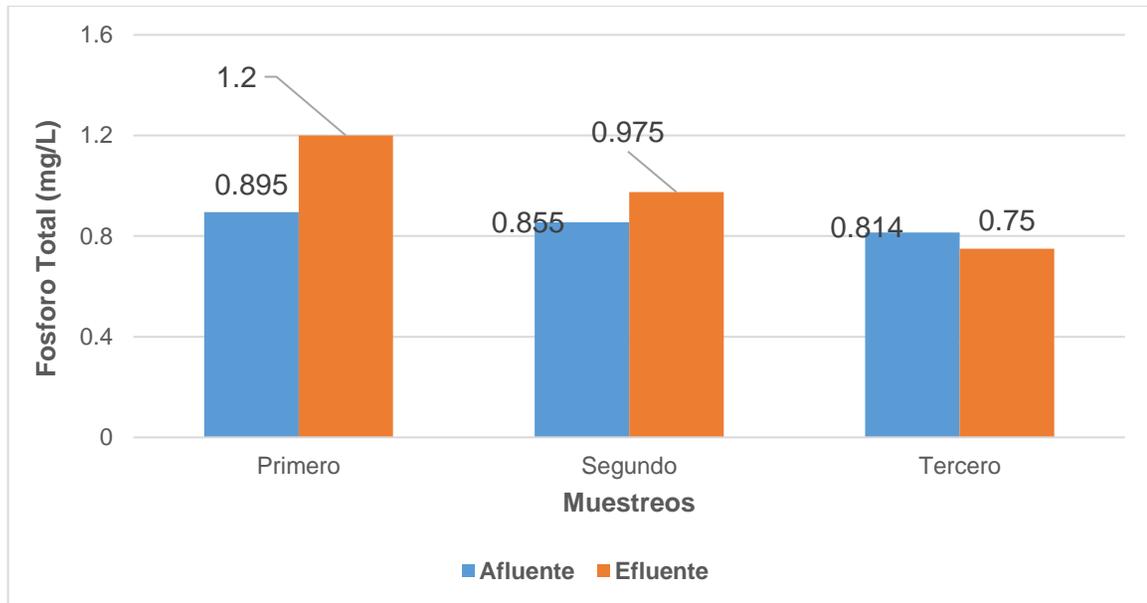
#### 5.4.6.2.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

Al retomar los resultados en las **Tablas 14, 15 y 16**, los valores muestran una variabilidad que va en desenso, la concentracion de fosforo total para el afluente es de **0.895 mg/L** y para el efluente es de **1.2 mg/L** en el primer muestreo, con eficiencia negativa del **34.02%**, para el segundo muestreo los valores fueron de **0.855 mg/L** y para el efluente es de **0.975 mg/L** obteniendo una eficiencia negativa en la remocion de fosforo total del **14.08%**, para el tercer muestreo los valores obtenidos son de **0.814 mg/L** y para el efluente es de **0.75 mg/L**, con una eficiencia positiva de **7.86%**.

Como se ha mencionado anteriormente, los mejores resultados se obtuvieron en el tercer muestreo, estos se alcanzaron porque el humedal se encontraba estabilizado y las

plantas en su desarrollo lograron una mejor estabilización del sustrato y se alimentaban de los nutrientes como el fósforo total aunque no de la manera esperada.

**Gráfico 21.-**Valores de Fosforo total obtenidos en el Humedal 3



Fuente: Elaboración propia (2018)

Según Sierra, (2006), la principal fuente de este compuesto en el agua gris son los detergentes. En áreas en donde se usan detergentes con altos contenidos de fósforo, se han encontrado concentraciones de fósforo total entre **6 a 23 mg/L**, mientras que en áreas en donde se ha reducido el uso de estos detergentes se han encontrado concentraciones en el orden de **4 a 14 mg/L**.

La eliminación del fósforo se da por procesos bióticos y abióticos, los bióticos incluyen la asimilación por las plantas y microorganismos, y la mineralización de los restos de la vegetación y del fósforo orgánico. Los procesos abióticos incluyen la sedimentación.

IDEASS, (2011) reporta unas eficiencias para fósforo total del **85%**, los estudios realizados en el distrito federal, (2005) reportan una eficiencia del **71%**, IMTA, (1989) reporta una eficiencia en la remoción del **49.42%**, según la (NTON 05 – 027 – 05) para humedales de flujo sub superficial no reporta eficiencia para este parámetro.

En el caso de los humedales en San Marcos Carazo, reportan en uno de los humedales un aumento del **3%**, con respecto al otro humedal, reportan en una absorción de fosforo total de **15%**.

Si bien la eficiencia en la remoción de fosforo total no es alta, dado que la concentración de fosforo total en las aguas que entran al sistema, son baja esto quiere decir que en la vivienda no usan detergente en exceso para el lavado de ropa y el valor obtenido está entre los rangos esperados.

#### **5.4.7 Coliformes fecales**

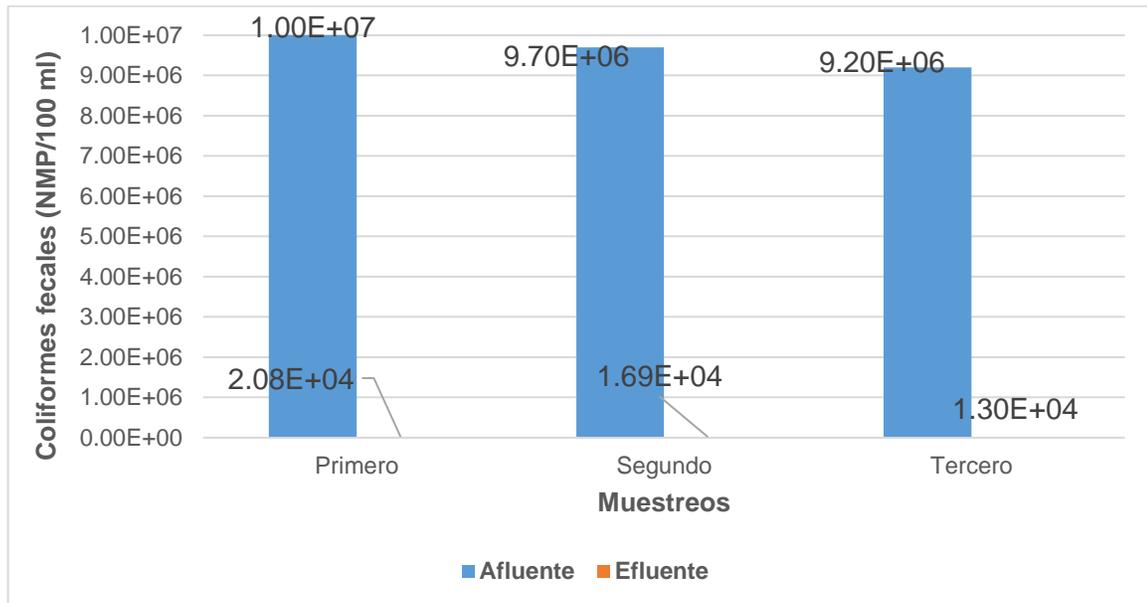
##### **5.4.7.1 Humedal 1 (Unidad H-01)**

Al apreciar los resultados mostrados en las **Tablas 14, 15 y 16**, la concentración de coliformes fecales muestra una reducción de en el primer muestreo, la concentración de este para el afluente es de **1.0E+07 NMP/100 ml**, y para el efluente es de **2.08E+04 NMP/100 ml**, obteniendo de esta manera una eficiencia en cuanto a remoción del **99.79%**.

Para el segundo muestreo, también se registra una disminución en la concentración de coliformes fecales, ya que el humedal se encontraba más estabilizado, los valores obtenidos fueron de **9.7E+06 NMP/100 ml** para el afluente, y para el efluente es de **1.69E+04 NMP/100 ml**, con una eficiencia del **99.83%**.

La mayor remoción de coliformes fecales se obtuvo en el tercer muestreo con valores de **9.20E+06 NMP/100 ml** para el afluente, y para el efluente es de **1.30E+04 NMP/100 ml**, con una eficiencia del **99.86%**. Sin embargo, es importante recordar que, al pasar el tiempo, el humedal se logra estabilizar y las plantas se desarrollan logrando una mejor estabilización del sustrato.

**Gráfico 22.-**Valores de Coliformes fecales obtenidos en el Humedal 1



Fuente: Elaboración propia (2018)

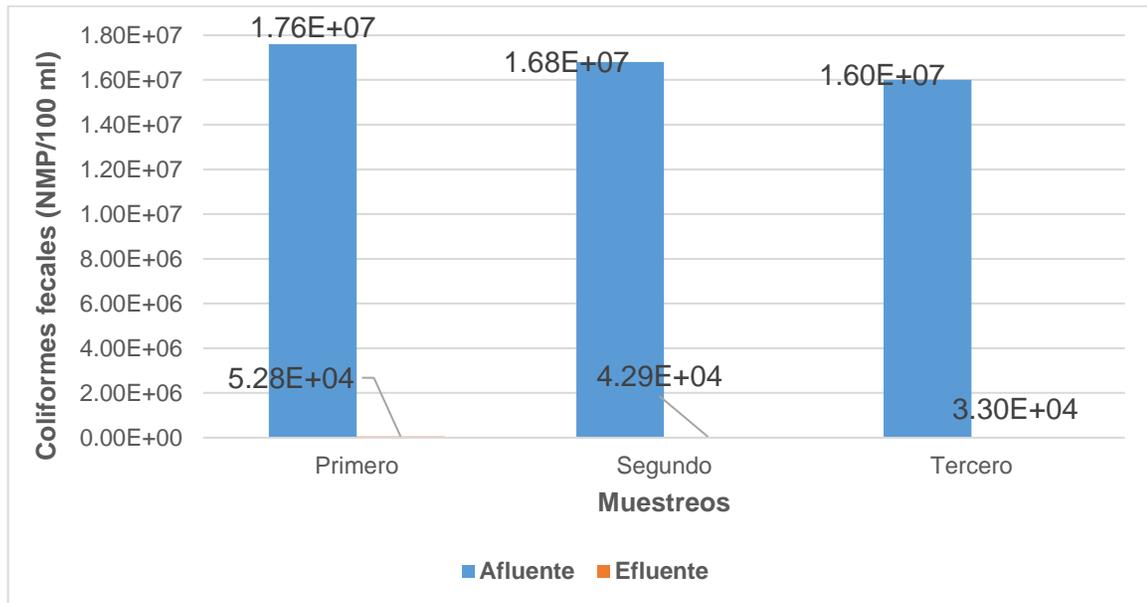
#### 5.4.7.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

De acuerdo los resultados mostrados en las **Tablas 14, 15 y 16**, la concentración de coliformes fecales muestra una reducción de en el primer muestreo, la concentración de este para el afluente es de **1.76E+07 NMP/100 ml**, y para el efluente es de **5.28E+04 NMP/100 ml**, obteniendo de esta manera una eficiencia en cuanto a remoción del **99.70%**.

Para el segundo muestreo, también se registra una disminución en la concentración de coliformes fecales, ya que el humedal se encontraba más estabilizado, los valores obtenidos fueron de **1.68E+07 NMP/100 ml** para el afluente, y para el efluente es de **4.29E+04 NMP/100 ml**, con una eficiencia del **99.74%**.

La mayor remoción de coliformes fecales se obtuvo en el tercer muestreo con valores de **1.60E+07 NMP/100 ml** para el afluente, y para el efluente es de **3.30E+04 NMP/100 ml**, con una eficiencia del **99.79%**. Sin embargo, es importante recordar que, al pasar el tiempo, el humedal se logra estabilizar y las plantas se desarrollan logrando una mejor estabilización del sustrato.

**Gráfico 23.-**Valores de Coliformes fecales obtenidos en el Humedal 2



Fuente: Elaboración propia (2018)

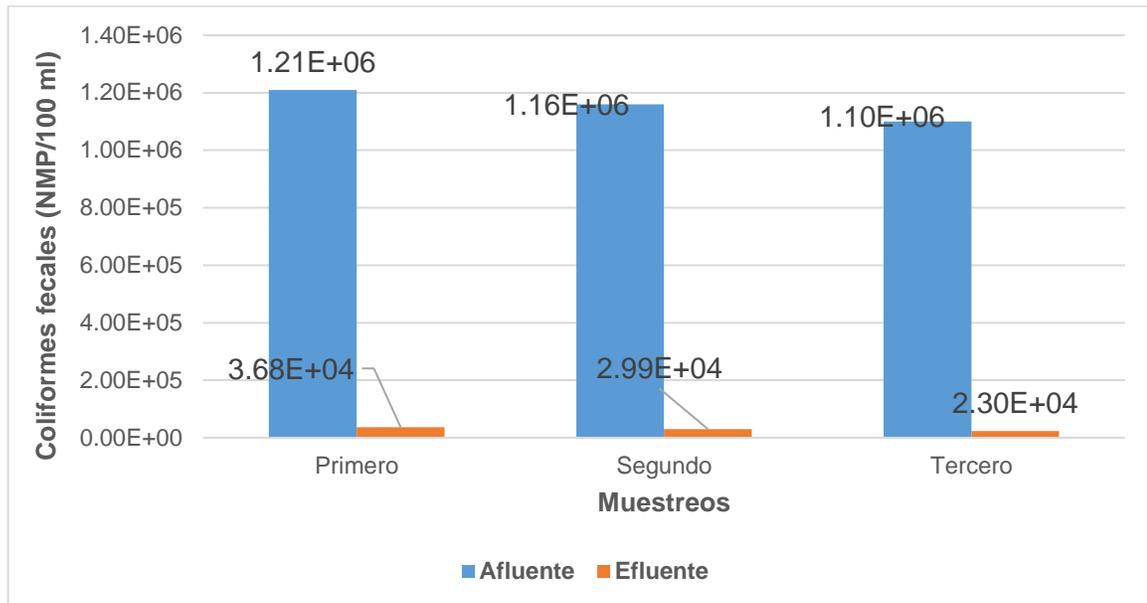
#### 5.4.7.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

De acuerdo los resultados mostrados en las **Tablas 14, 15 y 16**, la concentración de coliformes fecales muestra una reducción de en el primer muestreo, la concentración de este para el afluyente es de **1.21E+06 NMP/100 ml**, y para el efluente es de **3.68E+04 NMP/100 ml**, obteniendo de esta manera una eficiencia del **96.96%**.

Para el segundo muestreo, también se registra una disminución en la concentración de coliformes fecales, ya que el humedal se encontraba más estabilizado, los valores obtenidos fueron de **1.16E+06 NMP/100 ml** para el afluyente, y para el efluente es de **2.99E+04 NMP/100 ml**, con una eficiencia del **97.41%**.

La mayor remoción de coliformes fecales se obtuvo en el tercer muestreo con valores de **1.10E+06 NMP/100 ml** para el afluyente, y para el efluente es de **2.30E+04 NMP/100 ml**, con una eficiencia del **97.91%**. Sin embargo, es importante recordar que, al pasar el tiempo, el humedal se logra estabilizar y las plantas se desarrollan logrando una mejor estabilización del sustrato.

**Gráfico 24.-**Valores de Coliformes fecales obtenidos en el Humedal 3



Fuente: Elaboración propia (2018)

Sin embargo, existen condiciones que alejan los resultados obtenidos de lo esperado, ya sea debido a la variación en el periodo de retención hidráulico, las irregularidades en este afectan la remoción de coliformes

De igual manera se pueden considerar situaciones que propician la introducción de coliformes fecales al agua que fluye a través del sistema; tales como: lavado de alimentos crudos, lavado de manos ocasional en lavaplatos, lavado de la zona anal durante el baño, lavado de ropa interior y/o pañales de bebés o inclusive, deposición de excremento animal ya que el humedal se encuentra a la intemperie.

Además, la literatura reporta que algunos de los denominados coliformes fecales, no son específicamente de contaminación fecal y que incluso, organismos como E. Coli, pueden crecer en ambientes acuáticos naturales por lo que se podrían encontrar, en algunas ocasiones, organismos indicadores de forma natural en este tipo de sistemas.

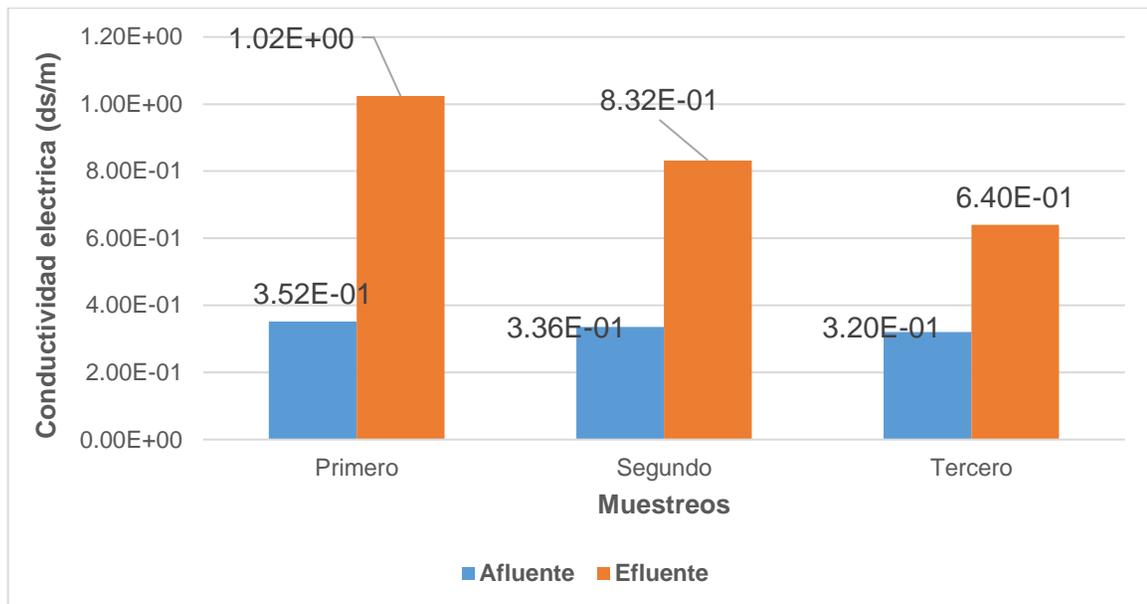
#### 5.4.8 Conductividad eléctrica

Se cuantificó la conductividad eléctrica para saber la cantidad de sales disueltas (cationes y aniones relacionados al agua) que se encontraban en el agua, en el afluyente y el efluente de los sistemas.

#### 5.4.8.1 Humedal 1 (Unidad H-01)

Los valores de conductividad eléctrica son bajos, en el primer muestreo los valores son de **0.352 ds/m** en el afluente y para el efluente es de **1.024 ds/m**, con una eficiencia negativa del **191%**, en el segundo muestreo los valores obtenidos son de **0.336 ds/m** para el afluente y para el efluente es de **0.832 ds/m**, obteniendo también una eficiencia negativa en la reducción del **148%**. Los valores más bajos se obtuvieron en el tercer muestreo con valores de **0.32 ds/m** para el afluente y para el efluente es de **0.64 ds/m**, con una eficiencia negativa del **100%**.

**Gráfico 25.-**Valores de Conductividad eléctrica obtenidos en el Humedal 1

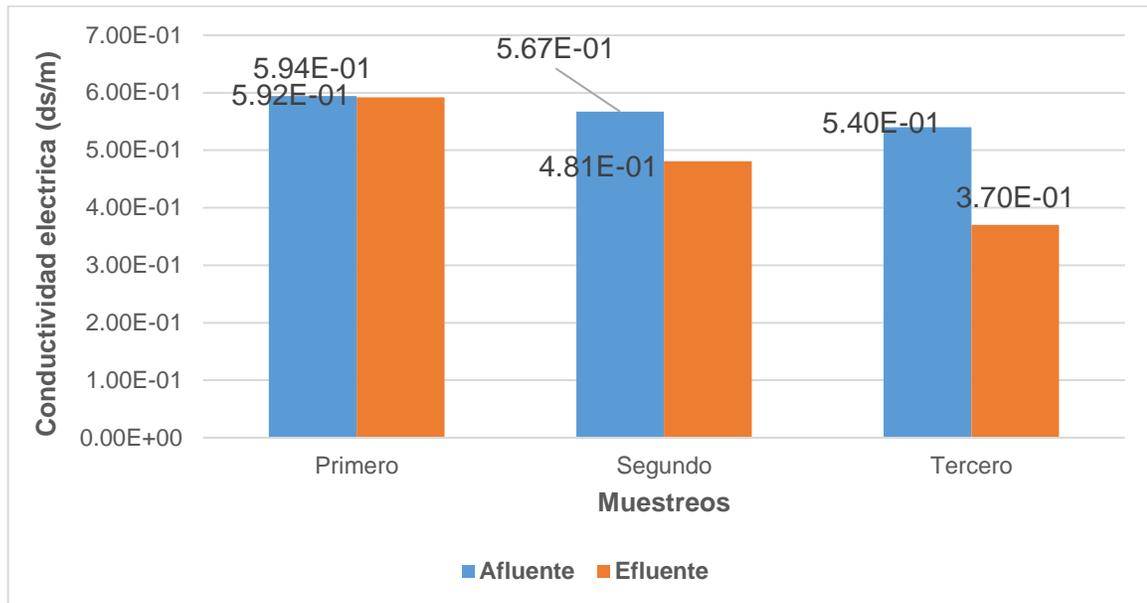


Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.8.2 Humedal 2 (Unidad H-02)

Estos valores de conductividad eléctrica son bajos, en el primer muestreo los valores son de **0.594 ds/m** en el afluente y para el efluente es de **0.592 ds/m**, con una eficiencia positiva del **0.34%**, en el segundo muestreo los valores obtenidos son de **0.567 ds/m** para el afluente y para el efluente es de **0.481 ds/m**, obteniendo una eficiencia en la reducción del **15.17%**. Los valores más bajos se obtuvieron en el tercer muestreo con valores de **0.54 ds/m** para el afluente y para el efluente es de **0.37 ds/m**, con una eficiencia del **31.48%**.

**Gráfico 26.-**Valores de Conductividad eléctrica obtenidos en el Humedal 2

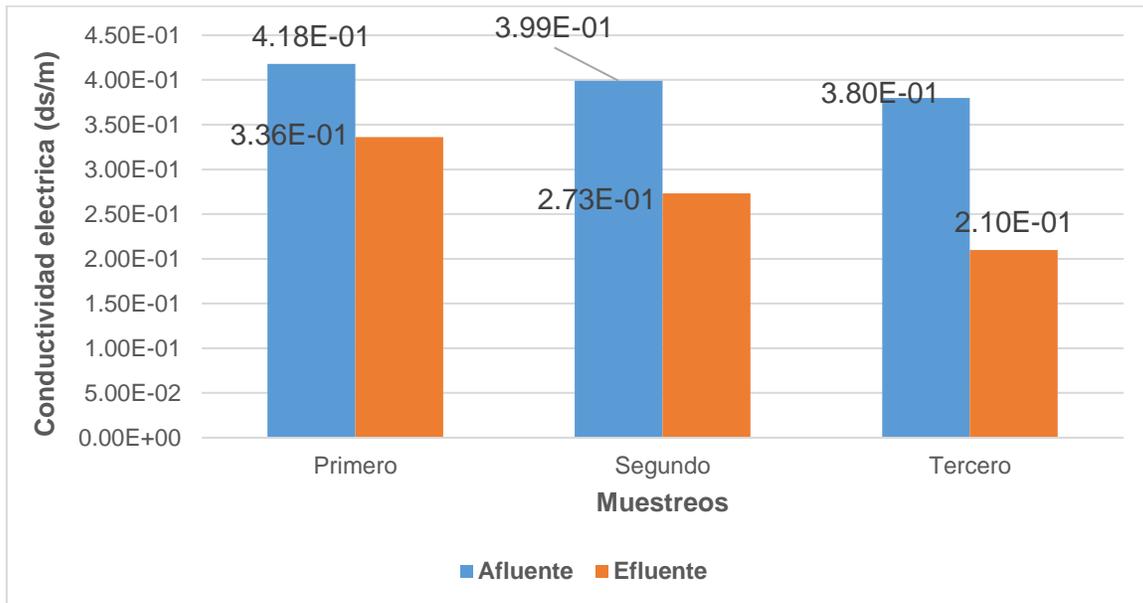


Fuente: Elaboración propia (2018)

#### 5.4.8.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

Los valores de conductividad eléctrica son bajos, en el primer muestreo los valores son de **0.418 ds/m** en el afluyente y para el efluente es de **0.336 ds/m**, con una eficiencia del **19.62%**, en el segundo muestreo los valores obtenidos son de **0.399 ds/m** para el afluyente y para el efluente es de **0.273 ds/m**, obteniendo una eficiencia en la reducción del **31.58%**. Los valores más bajos se obtuvieron en el tercer muestreo con valores de **0.38 ds/m** para el afluyente y para el efluente es de **0.21 ds/m**, con una eficiencia del **44.74%**.

**Gráfico 27.-**Valores de Conductividad eléctrica obtenidos en el Humedal 3



**Fuente:** Elaboración propia (2018)

El valor de este parámetro es influenciado por la temperatura del humedal, donde a mayor temperatura menor es la conductividad, el motivo por el cual no hay reducción en la conductividad eléctrica es por la interacción generada por la vegetación (plantas). El medio granular (grava) puede desprender sales que aumentan el valor de la conductividad.

Los valores de conductividad son consecuencia de la impureza presente en el agua, donde, a mayor conductividad habrá mayor presencia de sólidos disueltos, así mismo cuando no hay reducción de conductividad eléctrica, indica que existe una acumulación de la materia inorgánica que no pudo ser previamente removida por microorganismos presentes en el humedal.

En el caso de los humedales de San Marcos Carazo no evaluó este parámetro.

#### **5.4.9 Otros parámetros**

Otros parámetros como el color, el olor, la turbiedad, son valores que no fueron llevados a valorar en el laboratorio, ya que éstos son fácilmente perceptibles. Las muestras colectadas en la salida, muestran que existe una clara mejoría en estos parámetros.

El agua del afluente es un agua, con gran cantidad de sólidos suspendidos, turbia, de color gris oscuro y presenta un olor fuerte a detergente y residuos orgánicos. Por su parte, el agua del efluente, presenta una tonalidad de gris más clara y tenue, y el olor es menos fuerte.

**Ilustración 14.-** Afluente y Efluente unidad H-03



#### **5.4.9.1 Carga orgánica**

De acuerdo a los valores en las **Tabla 19, 20 y 21**, se puede afirmar que el sistema implementado es muy eficiente en cuanto a remoción de carga orgánica, obteniendo en el tercer y más reciente muestreo las siguientes eficiencias: 91.76%, 84.37% y 95.93% en las unidades **H-01, H-02 y H-03** respectivamente.

Esto respalda la posibilidad futura de implementar esta tecnología de manera masiva en lugares cuya fuente de agua no es constante, y por lo tanto, deben aprovechar al máximo este recurso, ya sea en su forma potable para consumo humano o en forma de agua gris tratada para el reúso agrícola.

#### **5.5 Clasificación de acuerdo a normas**

Para la clasificación de acuerdo a las normas mencionadas anteriormente se tomará en cuenta únicamente los resultados obtenidos en el tercer muestreo, ya que es el más relevante.

**Nota:** En el acápite **5.5.3** se realizará una consideración de manera general tomando en cuenta el Decreto 21-2017 (debido a que el objetivo principal establece que la norma que se tomara en cuenta para el análisis es el decreto 33-95, se realizara esta apreciación tomando en cuenta que el decreto 21-2017 es más reciente y específica o contempla valores que el decreto 33-95 no contemplaba).

#### **5.5.1 Decreto 33-95**

##### **5.5.1.1 Humedal 1 (Unidad H-01)**

De acuerdo a lo observado en la **Tabla 28**, esta unidad en lo que respecta a los parámetros: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST cumple los límites máximos permisibles establecidos en el capítulo **VI, Arto. 23** que establece valores para el vertido y en el capítulo **VII, Arto. 57** para riego agrícola, para el parámetro Conductividad eléctrica solo se contemplan valores para el **Arto. 57** que de igual manera lo cumple.

A excepción de los Coliformes fecales que no cumplen para los límites máximos permisibles determinados en el **Arto. 23 y 57**, los demás parámetros están dentro de los valores aceptables y por eso; de manera general se puede establecer que es para el vertido y el riego agrícola.

##### **5.5.1.2 Humedal 2 (Unidad H-02)**

Según lo especificado en la **Tabla 29**, esta unidad de acuerdo a los parámetros: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST cumple los límites máximos permisibles establecidos en el capítulo **VI, Arto. 23** que establece valores para el vertido y en el capítulo **VII, Arto. 57** para riego agrícola, para el parámetro Conductividad eléctrica solo se contemplan valores para el **Arto. 57** que de igual manera lo cumple.

A excepción de los Coliformes fecales que no cumplen para los límites máximos permisibles determinados en el **Arto. 23 y 57**, los demás parámetros están dentro de los valores aceptables y por eso; de manera general se puede establecer que es para el vertido y el riego agrícola.

### 5.5.1.3 Humedal 3 (Unidad H-03)

Con respecto a la **Tabla 30**, esta unidad de acuerdo a los parámetros: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST cumple los límites máximos permisibles establecidos en el capítulo **VI, Arto. 23** que establece valores para el vertido y en el capítulo **VII, Arto. 57** para riego agrícola, para el parámetro Conductividad eléctrica solo se contemplan valores para el **Arto. 57** que de igual manera lo cumple.

En particular en las tres unidades, a excepción de los Coliformes fecales que no cumplen para los límites máximos permisibles determinados en el **Arto. 23** y **57**, los demás parámetros están dentro de los valores aceptables y por eso; de manera general se puede establecer que es para el vertido y el riego agrícola.

### 5.5.2 NTON 05 027-05

Es importante mencionar que el proceso de clasificación se realiza por eliminación de categorías, por consecuencia, aunque un parámetro clasifique el efluente como categoría A, si alguno de los demás parámetros en estudio lo clasifica en otra categoría automáticamente cambia su clasificación.

#### 5.5.2.1 Humedal 1 (Unidad H-01)

Considerando lo expuesto en la **Tabla 37**, de acuerdo a la clasificación del agua según categoría de riego, el efluente de este humedal respecto al DBO<sub>5</sub> cumple para la categoría A, según el Nitrógeno total no cumple para ninguna de las categorías, el Fosforo total lo clasifica como categoría A, de acuerdo a los Coliformes fecales el efluente se clasifica como categoría C y según la Conductividad eléctrica cumple para la categoría A. De manera general se puede concluir que el agua es apta para su reúso en la categoría C.

De igual manera se realizó un análisis considerando los valores máximos permisibles en aguas residuales para reúso. Los parámetros en estudio y su clasificación se reflejan en la **Tabla 46**, conforme a esta se puede analizar y afirmar que el efluente en su última clasificación se ubica en el reúso para Acuicultura, a pesar de que el DBO<sub>5</sub> y DQO no permitan de la clasificación del mismo para ningún tipo de reúso.

### **5.5.2.2 Humedal 2 (Unidad H-02)**

De acuerdo a la información reflejada en la **Tabla 38**, según la clasificación del agua por categoría de riego, el efluente de este humedal respecto al DBO<sub>5</sub> cumple para la categoría A, según el Nitrógeno total no cumple para ninguna de las categorías, el Fosforo total lo clasifica como categoría A, de acuerdo a los Coliformes fecales el efluente se clasifica como categoría C y según la Conductividad eléctrica cumple para la categoría A. De manera general se puede concluir que el agua es apta para su reúso en la categoría C.

De la misma forma se realizó un análisis considerando los valores máximos permisibles en aguas residuales para reúso. Los parámetros en estudio y su clasificación se reflejan en la **Tabla 47**, conforme a esta se puede analizar y afirmar que el efluente en su última clasificación se ubica en el reúso para Acuicultura, aunque los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO no permitan de la clasificación del mismo para ningún tipo de reúso.

### **5.5.2.3 Humedal 3 (Unidad H-03)**

Conforme a la información reflejada en la **Tabla 39**, según la clasificación del agua por categoría de riego, el efluente de este humedal respecto al DBO<sub>5</sub> cumple para la categoría A, según el Nitrógeno total cumple para la categoría A, el Fosforo total lo clasifica como categoría A, de acuerdo a los Coliformes fecales el efluente se clasifica como categoría C y según la Conductividad eléctrica cumple para la categoría A. Por lo que se puede afirmar que el efluente de esta unidad es para todos los parámetros apta en su reúso para la categoría C.

De manera semejante se realizó un análisis considerando los valores máximos permisibles en aguas residuales para reúso. Los parámetros en estudio y su clasificación se reflejan en la **Tabla 48**, conforme a esta se puede analizar y afirmar que el efluente en su última clasificación se ubica en el reúso para Acuicultura, aunque los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO no permitan de la clasificación del mismo para ningún tipo de reúso.

### **5.5.3 Decreto 21-2017**

En este acápite no se procederá a redundar respecto a los resultados ya que no está dentro de ninguno de los objetivos proceder con esta clasificación, por lo tanto, el análisis y clasificación serán de manera general y superficial.

#### **5.5.3.1 Humedales 1, 2 y 3 (H-01, H-02, H-03)**

De acuerdo a la contemplado en el capítulo **IV**, **Arto.22**, el efluente de estas unidades es apto para su vertido a la red de alcantarillado sanitario.

Según el capítulo **V**, **Arto 24**, cumplen para el límite establecido en el periodo correspondiente con respecto a lo planteado en el decreto, así que es apto para su vertido en cuerpos receptores.

De igual manera se consideró el **Arto. 26** del capítulo **V** y se puede afirmar que el efluente de estas unidades es apto para ser descargado a cuerpos receptores.

### **5.6 Plantas macrófitas**

A lo largo del periodo de estudio, se observó que las plantas se multiplicaron de manera constante, por lo que de manera constante se les debía retirar los brotes o “hijos”, para así trasplantarlos a lo que se podría llamar un jardín ornamental, mismo que era regado por el agua tratada.

De igual manera, se procedió a extraer un espécimen de cada especie implementada en las unidades de humedales artificiales, esto para medir con una cinta el alcance de las raíces dentro del medio granular filtrante, observando lo siguiente:

- La Cala, espécimen utilizado en la unidad **H-01**, llegó a alcanzar una longitud aproximada en sus raíces de 40 centímetros

**Ilustración 15.-** Imagen de raíz de la planta implementada en la unidad **H-01**, Cala



- El Ginger, implementado en la unidad **H-02**, logro alcanzar en sus raíces una longitud aproximada de 55 centímetros

**Ilustración 16.-** Imagen de raíz de la planta implementada en la unidad **H-02**, Ginger



- La antorcha, utilizada en la unidad **H-03**, llegó a alcanzar en sus raíces una longitud aproximada de 38.2 centímetros

A esta última planta no se le tomó fotografía, debido a que esta se encontraba en mal estado, por lo cual solo se procedió a realizar la extracción y medición de la raíz.

De acuerdo a esto, se da por sentado que las plantas son aptas para el uso y supervivencia en este medio, caracterizado por generalmente permanecer parcialmente inundado.

## **5.7 Evaluación de impacto ambiental**

La acertada consideración, calificación y valoración de impactos tiene como objetivo establecer y determinar los impactos que generan efectos negativos y positivos, acorde a orden de importancia, obtenido por medio de la jerarquización de los mismos, a efectos de proceder a su control y mitigación, mediante la aplicación de medidas ambientales protectoras.

Para continuar con esta evaluación es necesario identificar factores y variables que serán afectados, proceso que se realiza mediante la elaboración de una línea de base ambiental y una matriz de interacciones de impactos ambientales (causa-efecto). (ver Anexo B).

### **5.7.1 Interpretación de la matriz de importancia**

#### **5.7.1.1 Interpretación de la importancia de impactos negativos**

En este acápite haremos referencia de las **Tablas 51 y 52**. Estas están contenidas dentro del acápite **7.6**, el cual abarca el aspecto de categoría de impacto ambiental, que a su vez estipula si estos son críticos, moderados o en el mejor de los casos irrelevantes.

En referencia a la tabla anteriormente mencionada, se puede saber que las actividades con mayor impacto crítico son: vegetación, suelo, paisaje y economía con respecto a la etapa de construcción.

De los 18 impactos perjudiciales que aparecen en la etapa de construcción, solamente 1 se presentan con dictamen crítico y se relacionan con la economía del proyecto; 12 impactos tienen dictamen de moderados. El número de impactos perjudiciales que presentan dictamen de irrelevantes es de 5.

Con respecto a las actividades de la etapa de funcionamiento, se registran 3 impactos catalogado de crítico y están referente a la disposición de desechos sólidos. También están 8 impactos moderados en relación a calidad del aire, suelo, vegetación, hábitat humano, salud y calidad de vida. El número de impactos perjudiciales que presentan dictamen de irrelevante es de 3.

**Tabla 52.-** Número total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto

| <b>Etapas</b>  | <b>Impactos críticos</b> | <b>Impactos moderados</b> | <b>Impactos irrelevantes</b> |
|----------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Construcción   | 1                        | 12                        | 5                            |
| Funcionamiento | 3                        | 8                         | 3                            |
| Totales        | 4                        | 20                        | 8                            |

### **5.7.2 Interpretación de importancia de impactos positivos**

Los aspectos positivos se pueden observar en las tablas 22 y 23, no cuenta con muchos beneficios con respecto a la etapa de construcción, por lo que también, es obvio que la etapa de funcionamiento es la que brinda mayores frutos en carácter progresivo.

De los 9 impactos beneficiosos que se presentan en la etapa de funcionalidad, se encuentran 2 con dictamen irrelevante referente a la calidad del aire y vegetación, esto debido a que se tomaron las consideraciones iniciales de seleccionar un lugar a cierta distancia de la vivienda para así minimizar cualquier impacto negativo posible y a su vez este lugar no sea muy afectado por la implementación de la unidad, 5 moderados los cuales mejoran el hábitat humano, salud, calidad de vida y economía de los usuarios.

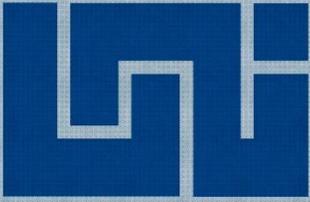
Entre los impactos beneficiosos se presentan 2 relevantes, con una mayor relación con la vegetación, el paisaje del lugar.

Con respecto a los impactos beneficiosos en la etapa de construcción, como se observa en la tabla, se encuentran 2 irrelevantes relacionados a la vegetación y la calidad paisajística del lugar, los siguientes en el rango de moderados, estos se manifiestan en la salud y calidad de vida de los habitantes; y los únicos 2 impactos de relevancia se relacionan con la mejora del hábitat humano y en mejoría de su saneamiento.

**Tabla 53.-** Número total de impactos ambientales positivos generados por el proyecto

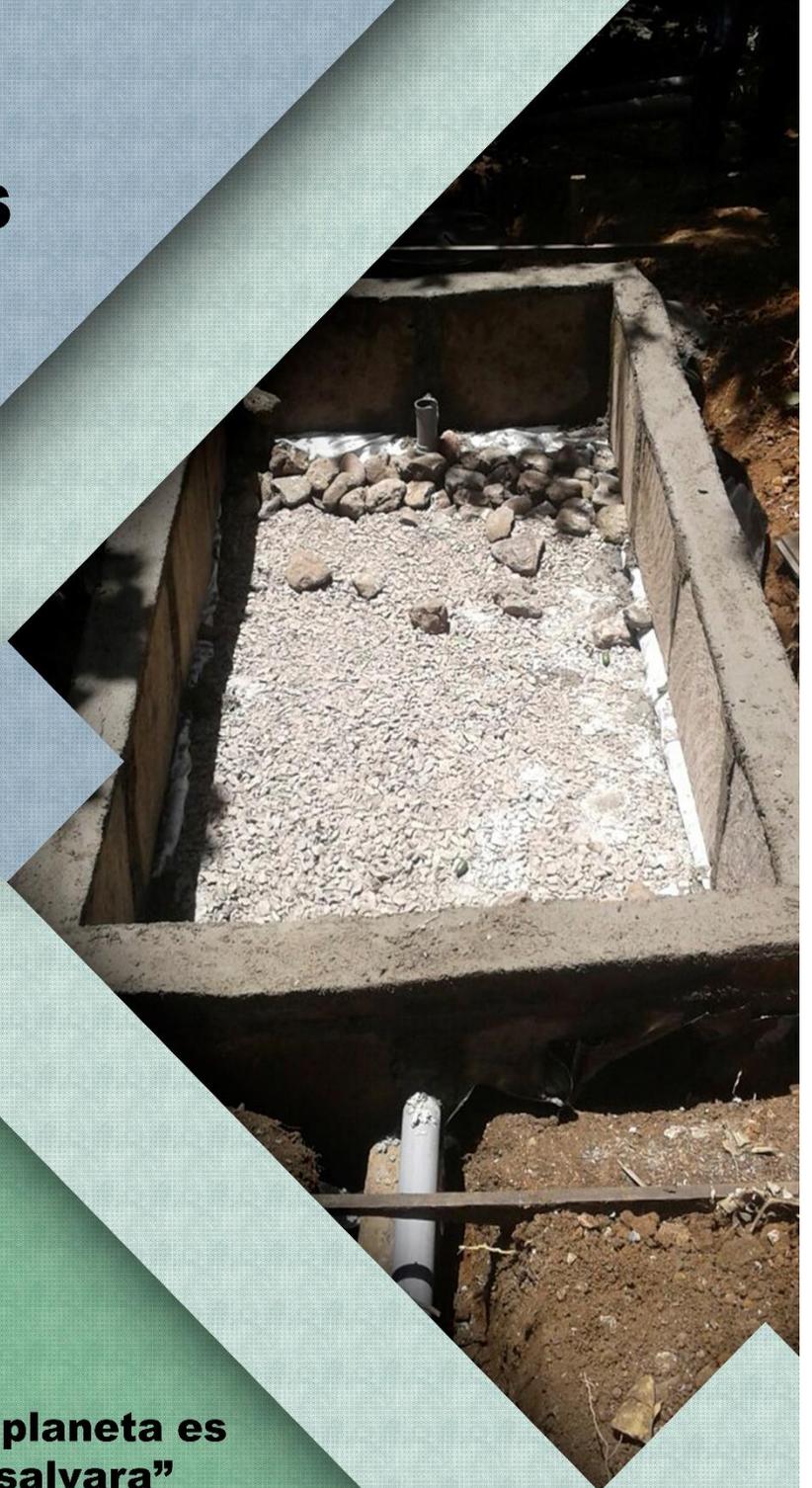
| <b>Etapa</b>   | <b>Impactos relevantes</b> | <b>Impactos moderados</b> | <b>Impactos irrelevantes</b> |
|----------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Construcción   | 4                          | 2                         | 1                            |
| Funcionamiento | 2                          | 5                         | 2                            |
| Totales        | 5                          | 11                        | 4                            |

Con respecto a la evaluación cualitativa de impactos ambientales: matriz causa – efecto (impactos negativos), matriz causa – efecto (impactos positivos), matriz de valoración de impactos (impactos negativos), matriz de valoración de impactos (impactos positivos), ver en Anexo C.



*Líder en Ciencia y Tecnología*

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES**



**“La peor amenaza de nuestro planeta es  
creer que alguien mas nos salvara”**

**-Robert Swan**

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusiones

- ✓ Se diseñaron tres unidades para tratamiento de aguas grises domiciliarias, estas unidades se dimensionaron de acuerdo al consumo de cada una de las viviendas, este consumo se obtuvo mediante un aforo en sitio, de acuerdo al caudal obtenido se procedió a diseñar cada una de las unidades, dando como resultado unidades de humedal con las siguientes dimensiones: 1.44 m de longitud por 0.72 m de ancho para la unidad H-01 y H-02, esto debido a la similitud de habitantes y consumos, para la unidad H-03, dimensiones de 2.27 m de longitud por 1.74 m de ancho, las tres unidades con profundidad de 0.70 m. El pretratamiento para las tres unidades es de la misma capacidad, dos tanques de 250 lt cada uno que funcionan como trampa de grasa.
  
- ✓ El presupuesto requerido para la construcción de estas unidades fue de C\$12,716.57 para la unidad H-01, para la unidad H-02 fue C\$12,716.57 y la tercera unidad con un costo de C\$15,255.05, tomando en cuenta que en esta comunidad para el servicio de agua potable los gastos en su totalidad son asumidos en conjunto, debido a esto el reúso de agua resulta en un ahorro considerable, aunque para comunidades con muy bajos recursos este proyecto resultaría en un impacto económico considerablemente alto y con un largo periodo de recuperación. Aunque actualmente hay organizaciones que brindan financiamiento para estos proyectos con una baja tasa de interés, de esta manera resulta factible a largo plazo en zonas rurales con bajos recursos.
  
- ✓ En comunidades con un nivel económico medio o bajo el diseño de las unidades de tratamiento en base a caudal de consumo resulta optimo en cuanto a periodos de retención, debido a la variación en el consumo los periodos de retención apuntan hacia el máximo permisible aumentando la efectividad de estos, en contraste a esto, el diseño para favorecer exclusivamente un mayor tiempo de retención no resulta viable, esto debido a los altos costos que esto implicaría y al

alto grado de incertidumbre que este provocaría en la proyección de resultados debido a que mayormente en comunidades o zonas rurales el abastecimiento de agua potable en sí mismo ya es una inversión considerable y su disposición permanente no es segura.

- ✓ Con base en los resultados analizados en este documento, el agua es apta para reúso según la norma de saneamiento. La incidencia de las plantas es remarcable, ya que cada una aprovecha o consume para su crecimiento distintos nutrientes o niveles de nutrientes, obteniendo así variaciones en las unidades en cuanto a su efectividad como medio biológico, así mismo, la variedad de planta que se puede clasificar como ornamental resulto ser atractiva para los beneficiarios, el uso de estas plantas es correcto ya que son del tipo macrófitas y por lo tanto el ambiente semi inundado es ideal para ellas, las eficiencias obtenidas son altas y de manera general oscilan entre el 84% y 96% de efectividad, resaltando la especie Ginger por último la Antorcha, esta se vio afectado por el desinterés en el mantenimiento por parte de sus beneficiarios, la Cala resulto con valores intermedios.
  
- ✓ El agua proveniente de este sistema cumple de manera general con los parámetros de la NTON 05 027-05, a excepción del nitrógeno, de modo que solo resulta reusable en su última categoría que permite su uso para cultivos perennes y algunos temporales, cuya planta y fruto no tiene ningún contacto con el agua tratada, como: caña de azúcar (para uso industrial), los bosques, árboles frutales, como cacao, naranja, mandarina, limón. En el Caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y no se debe recoger del suelo. También es posible su uso en algunas plantas de la familia de las leguminosas, teniendo en cuenta que el fruto de estas no debe tener contacto con el agua, no es recomendable el método por aspersión.
  
- ✓ La implementación de este sistema es viable, debido a que estos no son grandes generadores de impactos ambientales negativos generado, esto debido a que su principal incidencia es en el factor económico y el tiempo de recuperación de este,

obviando este aspecto, sus impactos positivos son mayores, esto debido a que brinda una mejor vista panorámica entre otros, provee una probable fuente de ingresos de acuerdo al tipo de planta ornamental utilizado, cabe también considerar el tamaño y magnitud de este proyecto, sus reducidas dimensiones tienen una estrecha relación con el bajo nivel de impacto ambiental negativo, en contraste, uno de los impactos positivos es la concientización de los demás pobladores y el bajo nivel de mantenimiento que este sistema requiere.

- ✓ Se deduce que existe una ausencia o baja disponibilidad de oxígeno en los humedales, lo cual limita el proceso de nitrificación para la remoción de nitrógeno total, disminuyendo su eficiencia o capacidad de procesar este contaminante en particular; esto mismo sucede con los otros contaminantes del tipo nutriente. Otro factor que afecta en la inyección de oxígeno, es la falta de un flujo continuo que ayude a suministrar este, ya que el flujo que entra al humedal es discontinuo. Una de sus posibles causas es la falta de profundidad en las raíces.
  
- ✓ Al final de este documento, en el anexo D, se adjuntó un manual para el diseño y construcción de estos sistemas, este provee una guía reducida pero clara acerca de la metodología a seguir para la implementación de estos sistemas, aparte de esto se agregaron dimensiones de acuerdo a posibles volúmenes de consumo, lo que facilitara la construcción y transferencia de este conocimiento, así mismo en este manual se plasmaron recomendaciones para una adecuada logística al momento de emplazar este sistema así como también un paso a paso para su correcto mantenimiento.

## 5.2 Recomendaciones

- Diseñar los humedales con un periodo de retención de 4 días, ya que en estas comunidades las condiciones con respecto a la disposición de agua potable son inconstantes, así al presentarse la situación de un aumento o decremento en el consumo de agua difiriendo al de diseño, esto no afectará en el funcionamiento del sistema.
- Respecto a la práctica, los procesos de construcción de los sistemas resultan sencillos y poco complejos, lo que hace a este sistema apto para ser implementado por personas sin mano de obra calificado ni conocimientos básicos del tema. Cabe mencionar que el funcionamiento del sistema no incurre en gastos ni mecanismos costosos, debido a esto, resulta factible en comparación a otras infraestructuras hidráulicas convencionales.
- De ser posible, en la etapa de construcción se debe lavar el medio filtrante (piedra bolón y grava), con el fin de que las plantas aceleren su adaptación en el humedal, de igual manera esto reduce el tiempo en que la unidad se estabiliza e igualmente para mejorar su eficiencia a la hora de remover diferentes nutrientes concentrados en el agua.
- Se recomienda que el muro perimetral del humedal tenga una altura mayor a la del terreno natural (20 cm) para evitar que la escorrentía en tiempos de lluvia se filtre dentro del humedal y que los animales caseros (gallinas) perjudiquen el sistema consumiendo las plantas en él.
- Realizar un estudio para determinar la concentración de oxígeno disuelto en el humedal, con el fin de verificar la existencia de condiciones anaerobias que se considera limitan la remoción de nitrógeno total en el sistema.
- Brindar apoyo didáctico, (manual técnico y visitas a la comunidad) para dejar en claro a los usuarios lo concerniente a operación y mantenimiento de los sistemas, para garantizar el adecuado funcionamiento de este.

- Promover en los beneficiarios de los humedales el realizar adecuadamente las actividades de mantenimiento, mediante charlas periódicas para lograr un mejor seguimiento, en donde también, se aborde temática de los hábitos de higiene que generan aumento del contenido de contaminantes en el sistema.
- Evitar dentro de lo posible, la cercanía de animales al sistema que puedan defecar sobre el material granular, ya que, con las precipitaciones, el excremento es disuelto en las aguas del sistema y eleva el contenido de coliformes fecales.
- Disponer de un tubo en el centro del humedal, que permita una mayor transferencia de oxígeno hacia el interior del sistema y favorecer los procesos aeróbicos dentro de este.
- Verificar antes de realizar el diseño, el correcto consumo en las viviendas para evitar sobredimensionamientos.
- Proveer de información y contacto con organizaciones que puedan proveer el financiamiento de este tipo de sistemas, es más factible que se aboquen a instituciones u organismos que ejecuten proyectos con fines comunitarios, si bien el costo de estos sistemas no es elevado, a familias con condiciones económicas bajas les podría resultar casi imposible costearlo.



*Líder en Ciencia y Tecnología*

## **CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA**



**“La raza humana sera el cáncer del planeta”**

**-Julian Huxley**

## **CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA**

### **7.1 Bibliografía**

**ACEPESA**, Asociación Centroamericana para la Economía la Salud y el Ambiente. (2006). *Manual de Tratamiento de Aguas Grises con Biojardineras-Costa Rica*.

**Carlos A. Arias**, H. B. (2008). *Alternatives for phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands*.

**CIEMA**, Centro de investigación y estudio del medio ambiente (2005). *Tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales*. Managua.

**CONAGUA**, Comisión Nacional de Agua. (2015). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales*. Mexico: Impreso y hecho en México.

**DISM**, Depto. de Inversiones y Servicios Municipales. (2010). *Manual de Presupuesto de Obras Municipales*. Managua.

**Ghunmi**, L. A. (2009). *Characterization and treatment of grey water; options for reuse*. Netherlands: Wageningen University.

**Hoffman et al.** Hoffman, D. H., Platzer, D. -I., Winker, D. I., & Von Muench, D. E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands. Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Eschborn: Dra. Elisabeth von Muench.

**IDEASS**. (2011). *Biofiltros domiciliarios*.

**INETER**, Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (2004). *Caracterización climática del departamento de Estelí*. Managua.

**IMTA**, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (1989). *Control y aprovechamiento del lirio acuático en México*. Morelos: Morelos S.A.

**INAA**, Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados. (1995). *Disposiciones para el control contaminación provenientes descargas de aguas residuales domésticas*,

*industriales y agropecuarias. Decreto No. 33 - 95. Managua: La Gaceta, Diario Oficial No. 118.*

**Larra, J.** (1999). *Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales.* Barcelona.

**Laura Allen.** (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior.*

**N. Abreu Acosta, M. M.** (2002). *Presencia de Giardia Lambia y Cryptosporidium spp. en aguas residuales depuradas reutilizadas para riego agrícola en la isla de Tenerife, España.* España.

**Neira, I. S.** (2008). *Manual de Biojardineras.* Managua: INAA Departamento de Fiscalía Técnica.

**NTON,** Comité técnico (10 de Mayo de 2006). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamiento de aguas residuales y su reúso. Managua: La Gaceta, Diario Oficial No. 90.

**Ochoa, M.** (2007). *Estudio preliminar de caracterización y cuantificación de las aguas grises de una residencia de Bogotá.* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

**Platze, M.** (2002). *Investigaciones y experiencias con biofiltros en Nicaragua, Centro América.* Managua.

**Schneider, L.** (2009). *Greywater reuse in Washington state.* Washington: State health department Washington.

**Sierra, J.** (2006). *Tratamiento y reutilización de aguas grises en proyectos de viviendas de interés social a partir de humedales artificiales.* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

**UNI - CIEMA,** Sucher & Holzer. (2004). *Investigaciones y experiencias con biofiltros en Nicaragua y Centro América.* Managua.

# **ANEXOS**

## Anexo A

### Ilustración 17.- Afluente de la unidad H-01, primer muestreo, coliformes totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



#### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1703-0130-1                           |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|---|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELÉFONO                                    |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR  |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR                                     |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206                                    |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |   | NUMERO DE MUESTRAS |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                 | 21/03/2017         | 23/03/2017   | 2515  | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 16/03/2017 10:00am   |   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A- Cala  |   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1703-0260   |   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 1  |   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 1.01*10 <sup>8</sup>   |   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.0*10 <sup>7</sup>  |   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004290

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 18.- Efluente de la unidad H-01, primer muestreo, coliformes totales**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL**

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1703-0130-2 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |                   |                    |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                 | 21/03/2017         | 23/03/2017   | 2515              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 16/03/2017 10:15am   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E- Cala   |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1703-0261   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 2  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.31*10 <sup>4</sup>   |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 2.08*10 <sup>4</sup>   |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

Ph.D. Ing. Leonardo P. P.  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0004291**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 19.-** Afluente de la unidad H-02, primer muestreo, coliformes totales



**LABORATORIO AMBIENTAL**

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1703-0130-3 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |                   |                    |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                 | 21/03/2017         | 23/03/2017   | 2515              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 16/03/2017 10:35am   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A-Ginger   |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1703-0262   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 3  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | >1.8*10 <sup>7</sup>   |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.76*10 <sup>7</sup>   |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

Ph.D. Ing. Leandro Zabala  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

0004292

Declaración que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del  
 Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517  
 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 20.- Efluente de la unidad H-02, primer muestreo, coliformes totales



| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  |                 | LA-MB-1703-0130-4  |
|--|----------------------------|--------------------|--|-----------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO        |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR              |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR         |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206        |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |                 |                    |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                 | 21/03/2017         | 23/03/2017   | 2515            | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 16/03/2017 10:45am   |                 |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E-Ginger  |                 |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                 |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1703-0263   |                 |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                 | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 4  |                 |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.94*10 <sup>5</sup>   |                 | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 5.28*10 <sup>4</sup>   |                 | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

  
 COORDINACIÓN  
 Ph.D. Ing. Leandro Parra  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004293

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 21.- Afluente de la unidad H-03, primer muestreo, coliformes totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1703-0130-5                           |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|---|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO                                    |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR  |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR                                     |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206                                    |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | 23/03/2017   | 2515  | NUMERO DE MUESTRAS |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                 | 21/03/2017         |  |   | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 16/03/2017 12:30pm   |   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A-Antorcha   |   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1703-0264   |   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 5  |   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 3.9*10 <sup>6</sup>  |   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.21*10 <sup>6</sup>   |   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

  
 Ph.D. Ing. Leonardo Pazario  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
 Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004294

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 22.- Efluente de la unidad H-03, primer muestreo, coliformes totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1703-0130-6 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | 23/03/2017   | 2515              | Seis(6)            |
| 17/03/2017   |                            | 17/03/2017         | 21/03/2017   |                   |                    |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 16/03/2017 12:45pm   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E-Antorcha  |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1703-0265   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 6  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.42*10 <sup>4</sup>   |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 3.68*10 <sup>4</sup>   |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

\*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

Ph.D. Ing. Leandro Palomo  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
 Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004295

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 23.- Afluente de la unidad H-03, primer muestreo, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST,  
Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1703-017

|  |                               |  |  |                    |                                 |
|--|-------------------------------|--|--|--------------------|---------------------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                               | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento |  |                    | TELEFONO                        |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               | NR   |  |                    | NR                              |
| ATENCIÓN:  |                               | CARGO  | EMAIL  |                    | Célular                         |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               | Estudiante   | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> |                    | 8505-9206                       |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                               |  |  |                    | NUMERO DE MUESTRAS              |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:           | FINAL DE ANALISIS:                                   | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA DE CUSTODIA |                                 |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                    | 22/03/2017   | 24/03/2017   | 2515               | Seis (6)                        |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                               |  | 16/03/2017 12:30pm   |                    | Rango o valor máximo permisible |
| Muestreado por                                       |                               |  | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco  |                    |                                 |
| Supervisor de Muestreo en Campo                      |                               |  | NR   |                    |                                 |
| Fuente   |                               |  | Entrada  |                    |                                 |
| Tipo de Muestra                                      |                               |  | Agua Residual Puntual  |                    |                                 |
| Observaciones de Ubicación                           |                               |  | A. Antorcha  |                    |                                 |
| Coordenadas  |                               |  | NR   |                    |                                 |
| Codificación PIENSA                                  |                               |  | LA-1703-0264   |                    |                                 |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO    | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 5                                     |                    | Art. No. *NE                    |
| 5220-C   | Demanda Química de Oxígeno    | mg/l   | 463.20   |                    | NE                              |
| 5210-B   | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l   | 422.40   |                    | NE                              |
| 2540-D   | Sólidos Suspendedos Totales   | mg/l   | 281.27   |                    | NE                              |
| 4500-C   | Fósforo Total                 | mg/l   | 0.895  |                    | NE                              |
| 4500-B   | Nitrógeno Total               | mg/l   | 10.93  |                    | NE                              |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Parame Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0004280**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 24.- Efluente de la unidad H-03, primer muestreo, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST,  
Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1703-017

|   |                               |                    |  |   |   |
|---|-------------------------------|--------------------|--|---|---|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                               |                    | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR                                      |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                               |                    | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> | Célular<br>8505-9206                                |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                               |                    |  |   |   |
| INGRESO:  | INICIO DE ANALISIS:           | FINAL DE ANALISIS: | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                | CADENA DE CUSTODIA  | NUMERO DE MUESTRAS                                  |
| 17/03/2017  | 17/03/2017                    | 22/03/2017         | 24/03/2017   | 2515  | Seis (6)  |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                               |                    | 16/03/2017 12:45pm   |   |   |
| Muestreado por  |                               |                    | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |   |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                               |                    | NR   |   |   |
| Fuente  |                               |                    | Salida   |   |   |
| Tipo de Muestra   |                               |                    | Agua Residual Puntual                                      |   |   |
| Observaciones de Ubicación  |                               |                    | E. Antorcha  |   |   |
| Coordenadas   |                               |                    | NR   |   |   |
| Codificación PIENSA   |                               |                    | LA-1703-0265   |   |   |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO    | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION                                     |   | Rango o valor máximo permisible<br><br>Art. No. *NE |
|   |                               |                    | PUNTO DE MUESTREO 6  |   |   |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno    | mg/l               | 74.34  |   | NE  |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l               | 60.80  |   | NE  |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales   | mg/l               | 66.24  |   | NE  |
| 4500-C  | Fósforo Total                 | mg/l               | 1.200  |   | NE  |
| 4500-B  | Nitrógeno Total               | mg/l               | 12.69  |   | NE  |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los solicitados por el cliente

  
**Ph.D. Leandro Parra Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0004281**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 25.- Afluente de la unidad H-01, primer muestreo, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST,  
Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1703-017

|   |                                   |  |   |   |                                |
|---|-----------------------------------|--|---|---|--------------------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELÉFONO<br>NR                              |                                |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |   | Céltular<br>8505-9206          |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  |   | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA DE CUSTODIA             |
| INGRESO:<br>17/03/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>17/03/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>22/03/2017                           | 24/03/2017  | 2515  | NUMERO DE MUESTRAS<br>Seis (6) |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 16/03/2017 10:00am   |   |   |                                |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |   |                                |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |   |                                |
| Fuente  |                                   | Entrada  |   |   |                                |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |   |                                |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | A. Cala  |   |   |                                |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |   |                                |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1703-0260   |   |   |                                |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO        | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION  |   | Art. No. *NE                   |
|   |                                   |  | PUNTO DE MUESTREO 1   |   |                                |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 1,141.92  |   | NE                             |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 924.00  |   | NE                             |
| 2540-D  | Sólidos Suspendedos Totales       | mg/l   | 114.40  |   | NE                             |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.265   |   | NE                             |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 46.46   |   | NE                             |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. ≤ al Limite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

  
**Ph.D. Leandro Páramo Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

**0004282**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 26.- Efluente de la unidad H-01, primer muestreo, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
 CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1703-017

|   |                                   |  |   |                      |
|---|-----------------------------------|--|---|----------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR       |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> | Célular<br>8505-9206 |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS   | CADENA DE CUSTODIA   |
| INGRESO:<br>17/03/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>17/03/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>22/03/2017                           | 24/03/2017  | 2515                 |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 16/03/2017 10:15am   |   |                      |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |                      |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |                      |
| Fuente  |                                   | Salida   |   |                      |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |                      |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | E. Cala  |   |                      |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |                      |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1703-0261   |   |                      |
| METODO<br>SM // EPA   | ENSAYO REALIZADO<br>PARAMETRO     | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION<br>PUNTO DE MUESTREO 2   | Art. No. *NE         |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 204.43  | NE                   |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 107.20  | NE                   |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l   | 56.00   | NE                   |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.897   | NE                   |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 45.55   | NE                   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.   
 s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

  
**COORDINACIÓN**  
 Ph.D. Leandro Parro Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004283

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-5823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 27.- Afluente de la unidad H-02, primer muestreo, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST,  
Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
CERTIFICADO DE ENSAYOS** LA-AR1703-017

|  |                               |                    |  |  |                    |
|--|-------------------------------|--------------------|--|--|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                               |                    | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento |  | TELEFONO           |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               |                    | NR   |  | NR                 |
| ATENCIÓN:  |                               |                    | CARGO  | EMAIL  | Célular            |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               |                    | Estudiante   | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 8505-9206          |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                               |                    |  |  |                    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:           | FINAL DE ANALISIS: | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS          | CADENA DE CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| 17/03/2017   | 17/03/2017                    | 22/03/2017         | 24/04/2017   | 2515   | Seis (6)           |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                               |                    | 16/03/2017 10:35am                                   |  |                    |
| Muestreado por                                       |                               |                    | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |  |                    |
| Supervisor de Muestreo en Campo                      |                               |                    | NR   |  |                    |
| Fuente   |                               |                    | Entrada  |  |                    |
| Tipo de Muestra                                      |                               |                    | Agua Residual Puntual                                |  |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                               |                    | A. Ginger  |  |                    |
| Coordenadas  |                               |                    | NR   |  |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                               |                    | LA-1703-0262   |  |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO    | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION                               | Art. No. *NE   |                    |
| 5220-C   | Demanda Química de Oxígeno    | mg/l               | 907.69   | NE   |                    |
| 5210-B   | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l               | 541.20   | NE   |                    |
| 2540-D   | Sólidos Suspendedos Totales   | mg/l               | 359.26   | NE   |                    |
| 4500-C   | Fósforo Total                 | mg/l               | 3.241  | NE   |                    |
| 4500-B   | Nitrógeno Total               | mg/l               | 31.32  | NE   |                    |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los solicitados por el cliente

  
**COORDINACIÓN**  
 Ph.D. Leandro Garrido Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0004284**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 28.-** Efluente de la unidad H-02, primer muestreo, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL  
**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1703-017

|   |                                   |  |   |                            |                                 |              |
|---|-----------------------------------|--|---|----------------------------|---------------------------------|--------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   |                            | TELEFONO<br>NR                  |              |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |                            | Célular<br>8505-9206            |              |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  |   |                            | NUMERO DE MUESTRAS              |              |
| INGRESO:<br>17/03/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>17/03/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>22/04/2017                           | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS<br>24/04/2017                               | CADENA DE CUSTODIA<br>2515 |                                 |              |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 16/03/2017 10:45am   |   |                            | Rango o valor máximo permisible |              |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |                            |                                 |              |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |                            |                                 |              |
| Fuente  |                                   | Salida   |   |                            |                                 |              |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |                            |                                 |              |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | E. Ginger  |   |                            |                                 |              |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |                            |                                 |              |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1703-0263   |   |                            |                                 |              |
| METODO SM // EPA  |                                   | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO                                 | Unidad  | VALOR DE CONCENTRACION     |                                 | Art. No. *NE |
|   |                                   |  |   | PUNTO DE MUESTREO 4        |                                 |              |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 213.73  | NE                         |                                 |              |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 122.88  | NE                         |                                 |              |
| 2540-D  | Sólidos Suspendedos Totales       | mg/l   | 16.00   | NE                         |                                 |              |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.302   | NE                         |                                 |              |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 29.87   | NE                         |                                 |              |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004285

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-5823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 29.- Afluente de la unidad H-01, segundo muestreo, Coliformes Totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1706-0025-1 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   |                   | CELULAR            |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> |                   | 85059206           |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    |  |                   |                    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                 | 26/06/2017         | 28/06/2017   | 2616              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/06/2017 9:30am  |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A- Cala  |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1706-0360   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 1  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 9.9*10 <sup>6</sup>  |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 9.7*10 <sup>6</sup>  |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0005170

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

### Ilustración 30.- Efluente de la unidad H-01, segundo muestreo, Coliformes Totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL**

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |   | LA-MB-1706-0025-2 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|---|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |   | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |   | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:                                      |                   | CELULAR            |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | gutierrez.ulises94@gmail.com                |                   | 85059206           |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |   |                   |                    |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                 | 26/06/2017         | 28/06/2017                                  | 2616              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/06/2017 09:45am                          |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco         |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco         |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E- Cala                              |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual                       |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR  |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR  |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1706-0361                                |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION                      |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 2                         |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.24*10 <sup>5</sup>                        |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.69*10 <sup>4</sup>                        |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

Ph.D. Ing. Leonardo Pineda  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0005171**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

### Ilustración 31.- Afluente de la unidad H-02, segundo muestreo, Coliformes Totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1706-0025-3 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    |  |                   |                    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                 | 26/06/2017         | 28/06/2017   | 2616              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/06/2017 10:00am   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A-Ginger   |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1706-0362   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 3  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | >1.73*10 <sup>7</sup>  |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.68*10 <sup>7</sup>   |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methodos, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*



**0005172**

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 32.- Efluente de la unidad H-02, segundo muestreo, Coliformes Totales



Universidad Nacional de Ingeniería  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
LABORATORIO AMBIENTAL



| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1706-0020-4 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | 28/06/2017   | 2616              | Seis(6)            |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                 | 26/06/2017         |  |                   |                    |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/06/2017 10:15am   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E-Ginger  |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1706-0363   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 4  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.86*10 <sup>5</sup>   |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 4.29*10 <sup>4</sup>   |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Metodos, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

  
COORDINACIÓN TÉCNICA  
Ph.D. Ing. Leandro Parra  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0005173

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

### Ilustración 33.- Afluente de la unidad H-03, segundo muestreo, Coliformes Totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  |                 | LA-MB-1706-0025-5  |
|--|----------------------------|--------------------|--|-----------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO        |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR              |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR         |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206        |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    |  |                 |                    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                 | 26/06/2017         | 28/06/2017   | 2616            | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/06/2017 12:10pm   |                 |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A-Antorcha   |                 |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                 |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1706-0364   |                 |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                 | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 5  |                 |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 3.78*10 <sup>6</sup>   |                 | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.16*10 <sup>6</sup>   |                 | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

\*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

COORDINACION TECNICA  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
 PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.*

0005174

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

### Ilustración 34.- Efluente de la unidad H-03, segundo muestreo, Coliformes Totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL**

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  |                 | LA-MB-1706-0025-6  |
|--|----------------------------|--------------------|--|-----------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO        |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR              |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   |                 | CELULAR            |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> |                 | 85059206           |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    |  |                 |                    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                 | 26/06/2017         | 28/06/2017   | 2616            | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/06/2017 12:25pm   |                 |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E-Antorcha  |                 |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                 |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1706-0365   |                 |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                 | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 6  |                 |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.07*10 <sup>4</sup>   |                 | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 2.99*10 <sup>4</sup>   |                 | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

*Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente*

Ph.D. Ing. Leonardo Palamó  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
 Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

**0005175**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 35.- Afluente de la unidad H-03, muestreo 2, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
 CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1707-035

|   |                                   |  |  |                               |                                       |
|---|-----------------------------------|--|--|-------------------------------|---------------------------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |  |                               | TELEFONO<br>NR                        |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br>gutierrez.ulices94@gmail.com                        |                               | Célular<br>8505-9206                  |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  |  |                               |                                       |
| INGRESO:<br>22/06/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/06/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>05/07/2017                           | FECHA DE EMISION DE<br>CERTIFICADO DE ANALISIS<br>10/07/2017 | CADENA DE<br>CUSTODIA<br>2616 | NUMERO DE<br>MUESTRAS<br>Seis (6)     |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 21/06/2017 12:10pm   |  |                               | Rango o valor<br>máximo<br>permisible |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |  |                               |                                       |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |  |                               |                                       |
| Fuente  |                                   | Entrada  |  |                               |                                       |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |  |                               |                                       |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | A. Antorcha  |  |                               |                                       |
| Coordenadas   |                                   | NR   |  |                               |                                       |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1706-0364   |  |                               |                                       |
| METODO<br>SM // EPA   | ENSAYO REALIZADO<br>PARAMETRO     | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION<br>PUNTO DE MUESTREO 5                |                               | Art. No. *NE                          |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 442.10   |                               | NE                                    |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 403.20   |                               | NE                                    |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l   | 268.49   |                               | NE                                    |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 0.855  |                               | NE                                    |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 10.44  |                               | NE                                    |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. \* al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**COORDINACIÓN TÉCNICA**  
 Ph.D. Leandro Paramo Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

**0005160**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

## Ilustración 36.- Efluente unidad H-03, muestreo 2, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1707-035

|  |                               |  |  |                    |   |
|--|-------------------------------|--|--|--------------------|---|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                               | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento |  |                    | TELEFONO  |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               | NR   |  |                    | NR  |
| ATENCIÓN:  |                               | CARGO  | EMAIL  |                    | Célular   |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               | Estudiante   | <a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |                    | 8505-9206   |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                               |  |  |                    |   |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:           | FINAL DE ANALISIS:                                   | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA DE CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS                                  |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                    | 05/07/2017   | 10/07/2017   | 2616               | Seis (6)  |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                               |  | 21/06/2017 12:25pm   |                    |   |
| Muestreado por                                       |                               |  | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco  |                    |   |
| Supervisor de Muestreo en Campo                      |                               |  | NR   |                    |   |
| Fuente   |                               |  | Salida   |                    |   |
| Tipo de Muestra                                      |                               |  | Agua Residual Puntual  |                    |   |
| Observaciones de Ubicación                           |                               |  | E. Antorcha  |                    |   |
| Coordenadas  |                               |  | NR   |                    |   |
| Codificación PIENSA                                  |                               |  | LA-1706-0365   |                    |   |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO    | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION   |                    | Rango o valor máximo permisible<br><br>Art. No. *NE |
|  |                               |  | PUNTO DE MUESTREO 6  |                    |   |
| 5220-C   | Demanda Química de Oxígeno    | mg/l   | 60.40  |                    |   |
| 5210-B   | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l   | 49.40  |                    |   |
| 2540-D   | Sólidos Suspendedos Totales   | mg/l   | 53.82  |                    |   |
| 4500-C   | Fósforo Total                 | mg/l   | 0.975  |                    |   |
| 4500-B   | Nitrógeno Total               | mg/l   | 10.31  |                    |   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva, s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
**SM:** Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Parado Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0005161**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 37.- Afluente unidad H-01, muestreo 2, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1707-035

|   |                                   |  |   |   |   |
|---|-----------------------------------|--|---|---|---|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR                              |   |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |   | Célular<br>8505-9206                                |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  |   | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA DE CUSTODIA                                  |
| INGRESO:<br>22/06/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/06/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>05/07/2017                           | 10/07/2017  | 2616  | NUMERO DE MUESTRAS<br>Seis (6)                      |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 20/06/2017 09:30am   |   |   |   |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |   |   |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |   |   |
| Fuente  |                                   | Entrada  |   |   |   |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |   |   |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | A. Cala  |   |   |   |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |   |   |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1706-0360   |   |   |   |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO        | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION  |   | Rango o valor máximo permisible<br><br>Art. No. *NE |
|   |                                   |  | PUNTO DE MUESTREO 1   |   |   |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 1,090.02  |   |   |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 882.00  |   |   |
| 2540-D  | Sólidos Suspendedos Totales       | mg/l   | 109.20  |   |   |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.208   |   |   |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 44.35   |   |   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. **NR** al Límite de Detección que se especifica por parámetro. **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.  
**SM:** Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los solicitados por el cliente

**Ph.D. Leandró Páramo Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0005162**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 38.- Efluente unidad H-1, muestreo 2, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1706-035

|   |                                   |  |   |   |                                |
|---|-----------------------------------|--|---|---|--------------------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR                              |                                |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | Célular<br>8505-9206                        |                                |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  |   | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA DE CUSTODIA             |
| INGRESO:<br>22/06/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/06/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>05/07/2017                           | 10/07/2017  | 2616  | NUMERO DE MUESTRAS<br>Seis (6) |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 20/06/2017 09:45am   |   |   |                                |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |   |                                |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |   |                                |
| Fuente  |                                   | Salida   |   |   |                                |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |   |                                |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | E. Cala  |   |   |                                |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |   |                                |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1706-0361   |   |   |                                |
| METODO<br>SM // EPA   | ENSAYO REALIZADO<br>PARAMETRO     | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION  |   | Art. No. *NE                   |
|   |                                   |  | PUNTO DE MUESTREO 2   |   |                                |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 166.10  |   | NE                             |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 87.1  |   | NE                             |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l   | 45.5  |   | NE                             |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.517   |   | NE                             |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 37.01   |   | NE                             |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva, s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

  
**Ph.D. Leandro Parro Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0005163**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)



**Ilustración 40.- Efluente unidad H-02, muestreo 2, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1707-035

|  |                               |  |  |                    |                    |
|--|-------------------------------|--|--|--------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                               | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento |  | TELEFONO           |                    |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               | NR   |  | NR                 |                    |
| ATENCIÓN:  |                               | CARGO  | EMAIL  |                    | Célular            |
| Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |                               | Estudiante   | <a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |                    | 8505-9206          |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                               |  |  |                    |                    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:           | FINAL DE ANALISIS:                                   | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA DE CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| 22/06/2017   | 22/06/2017                    | 05/07/2017   | 10/07/2017   | 2616               | Seis (6)           |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                               |  | 21/06/2017 10:15am   |                    |                    |
| Muestreado por                                       |                               | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                  |  |                    |                    |
| Supervisor de Muestreo en Campo                      |                               | NR   |  |                    |                    |
| Fuente   |                               | Salida   |  |                    |                    |
| Tipo de Muestra                                      |                               | Agua Residual Puntual                                |  |                    |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                               | E. Ginger  |  |                    |                    |
| Coordenadas  |                               | NR   |  |                    |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                               | LA-1706-0363   |  |                    |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO    | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION   |                    | Art. No. *NE       |
|  |                               |  | PUNTO DE MUESTREO 4  |                    |                    |
| 5220-C   | Demanda Química de Oxígeno    | mg/l   | 173.65   |                    | NE                 |
| 5210-B   | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l   | 99.84  |                    | NE                 |
| 2540-D   | Sólidos Suspendidos Totales   | mg/l   | 13.00  |                    | NE                 |
| 4500-C   | Fósforo Total                 | mg/l   | 1.058  |                    | NE                 |
| 4500-B   | Nitrógeno Total               | mg/l   | 24.27  |                    | NE                 |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta. SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los análisis solicitados por el cliente

PhD. Leandro Pardo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0005165**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 41.- Afluente unidad H-01, muestreo 3, Coliformes totales



Universidad Nacional de Ingeniería  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |   | LA-MB-1709-0095-1 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|---|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |   | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |   | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:                                      | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | gutierrez.ulises94@gmail.com                | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |   |                   |                    |
| 22/09/2017   | 22/09/2017                 | 26/09/2017         | 28/09/2017                                  | 2816              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/09/2017 10:41am                          |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco         |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco         |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A- Cala                             |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual                       |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR  |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR  |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1709-0489                                |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION                      |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 1                         |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 9.2*10 <sup>6</sup>                         |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 9.2*10 <sup>6</sup>                         |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

  
 Ph.D. Ing. Leonardo PERICICA  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006174

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

## Ilustración 42.- Efluente unidad H-2, muestreo 3, Coliformes totales



Universidad Nacional de Ingeniería  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1709-0095-2 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO          |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR                |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   | CELULAR           |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206          |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: | 28/09/2017   | 2816              | Seis(6)            |
| 22/09/2017   | 22/09/2017                 | 26/09/2017         |  |                   |                    |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/09/2017 11:00am   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E- Cala   |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1709-0490   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 2  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.2*10 <sup>4</sup>  |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.3*10 <sup>4</sup>  |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A: Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006175

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

### Ilustración 43.- Afluente unidad H-02, muestreo 3, Coliformes totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1709-0095-3 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            |                    | DIRECCIÓN:   |                   | TELEFONO           |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            |                    | NR   |                   | NR                 |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   |                   | CELULAR            |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> |                   | 85059206           |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |                   |                    |
| 22/09/2017   | 22/09/2017                 | 26/09/2017         | 28/09/2017   | 2816              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/09/2017 11:15am   |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A-Ginger   |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1709-0491   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 3  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | >1.6*10 <sup>7</sup>   |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.6*10 <sup>7</sup>  |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methodos, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



0006176

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del  
 Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517  
 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 44.- Efluente unidad H-02, muestreo 3, Coliformes totales



Universidad Nacional de Ingeniería  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
LABORATORIO AMBIENTALES



| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                                     |  | LA-MB-1709-0095-4                           |                    |
|--|----------------------------|-------------------------------------|--|---|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:                          |  | TELEFONO                                    |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                                  |  | NR  |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:                              | EMAIL:   | CELULAR                                     |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante                          | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> | 85059206                                    |                    |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                                     |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS | CADENA CUSTODIA    |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS:                  |  |   | NUMERO DE MUESTRAS |
| 22/09/2017   | 22/09/2017                 | 26/09/2017                          | 28/09/2017   | 2816  | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            | 21/09/2017 11:25am                  |  |   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco |  |   |                    |
| Muestreado por                                       |                            | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco |  |   |                    |
| Fuente   |                            | Salida E-Ginger                     |  |   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            | Agua Residual Puntual               |  |   |                    |
| Coordenadas  |                            | NR                                  |  |   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            | NR                                  |  |   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            | LA-1709-0492                        |  |   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad                              | VALOR DE CONCENTRACION   |   | Art.22*            |
|  |                            |                                     | PUNTO DE MUESTREO 4  |   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL                           | 2.8*10 <sup>5</sup>  |   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL                           | 3.3*10 <sup>4</sup>  |   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

  
 COORDINACIÓN TÉCNICA  
 Ph.D. Ing. Leandro Pariona  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006177

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 45.- Afluente unidad H-03, muestreo 3, Coliformes totales



Universidad Nacional de Ingeniería  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  | LA-MB-1709-0095-5 |                    |
|--|----------------------------|--------------------|--|-------------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            |                    | DIRECCIÓN:   |                   | TELEFONO           |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            |                    | NR   |                   | NR                 |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   |                   | CELULAR            |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> |                   | 85059206           |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA   | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |                   |                    |
| 22/09/2017   | 22/09/2017                 | 26/09/2017         | 28/09/2017   | 2816              | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/09/2017 1:00pm  |                   |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                   |                    |
| Fuente   |                            |                    | Entrada A-Antorcha   |                   |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                   |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                   |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1709-0493   |                   |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                   | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO s  |                   |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 3.5*10 <sup>6</sup>  |                   | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 1.1*10 <sup>6</sup>  |                   | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A: Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

  
 Ph.D. Ing. Leonardo Pazmino  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006178

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 46.- Efluente unidad H-03, muestreo 3, Coliformes totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

| CERTIFICADO DE ENSAYOS                               |                            |                    |  |                 | LA-MB-1709-0095-6  |
|--|----------------------------|--------------------|--|-----------------|--------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA                         |                            | DIRECCIÓN:         |  | TELEFONO        |                    |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | NR                 |  | NR              |                    |
| ATENCIÓN:  |                            | CARGO:             | EMAIL:   |                 | CELULAR            |
| Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco                  |                            | Estudiante         | <a href="mailto:gutierrez.ulises94@gmail.com">gutierrez.ulises94@gmail.com</a> |                 | 85059206           |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO |                            |                    | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS                                    | CADENA CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS |
| INGRESO:   | INICIO DE ANALISIS:        | FINAL DE ANALISIS: |  |                 |                    |
| 22/09/2017   | 22/09/2017                 | 26/09/2017         | 28/09/2017   | 2816            | Seis(6)            |
| Fecha y Hora de Muestreo                             |                            |                    | 21/09/2017 1:10pm  |                 |                    |
| Supervisor y muestreo de campo                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Muestreado por                                       |                            |                    | Pastor Ulises Gutierrez Castiblanco  |                 |                    |
| Fuente   |                            |                    | Salida E-Antorcha  |                 |                    |
| Tipo de muestra                                      |                            |                    | Agua Residual Puntual  |                 |                    |
| Coordenadas  |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Observaciones de Ubicación                           |                            |                    | NR   |                 |                    |
| Codificación PIENSA                                  |                            |                    | LA-1709-0494   |                 |                    |
| METODO SM // EPA                                     | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO | Unidad             | VALOR DE CONCENTRACION   |                 | Art.22*            |
|  |                            |                    | PUNTO DE MUESTREO 6  |                 |                    |
| 9221B  | Coliforme total            | NMP/100mL          | 2.3*10 <sup>4</sup>  |                 | NE                 |
| 9221E  | Coliforme fecal            | NMP/100mL          | 2.3*10 <sup>4</sup>  |                 | <10 <sup>3</sup>   |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Decreto No. 33-95.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

  
 COORDINACIÓN TÉCNICA  
 Ph.D. Ing. Leandro Palomo  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  
 Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.  
 PIENSA-UNI

0006179

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 47.- Afluente unidad H-03, muestreo 3, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1709-052

|   |                               |  |   |  |   |
|---|-------------------------------|--|---|--|---|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                               | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   |  | TELEFONO<br>NR                              |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                               | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |  | Célular<br>8505-9206                        |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                               |  |   |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS |
| INGRESO:  | INICIO DE ANALISIS:           | FINAL DE ANALISIS:   | CADENA DE CUSTODIA  |  |   |
| 22/09/2017  | 22/09/2017                    | 27/09/2017   | 29/09/2017  |  | NUMERO DE MUESTRAS<br>Seis (6)              |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                               | 21/09/2017 1:00pm  |   |  | Rango o valor máximo permisible             |
| Muestreado por  |                               | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |  |   |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                               | NR   |   |  |   |
| Fuente  |                               | Entrada  |   |  |   |
| Tipo de Muestra   |                               | Agua Residual Puntual                                      |   |  |   |
| Observaciones de Ubicación  |                               | A. Antorcha  |   |  |   |
| Coordenadas   |                               | NR   |   |  |   |
| Codificación PIENSA   |                               | LA-1709-0493   |   |  | Art. No. *NE                                |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO    | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 5  |  |   |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno    | mg/l   | 421.05  |  |   |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l   | 384.00  |  |   |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales   | mg/l   | 255.70  |  |   |
| 4500-C  | Fósforo Total                 | mg/l   | 0.814   |  |   |
| 4500-B  | Nitrógeno Total               | mg/l   | 9.94  |  |   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva, s al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**COORDINACIÓN TÉCNICA**  
 Ph.D. Leandro Parramo Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0006168**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**Ilustración 48.- Efluente unida H-01, muestreo 3, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total**



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



**LABORATORIO AMBIENTAL  
 CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1709-052

|   |                                   |  |   |   |
|---|-----------------------------------|--|---|---|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR                                      |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> | Célular<br>8505-9206                                |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS   | CADENA DE CUSTODIA                                  |
| INGRESO:<br>22/09/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/09/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>27/09/2017                           | 29/09/2017  | 2816  |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 21/09/2017 1:10pm  |   |   |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |   |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |   |
| Fuente  |                                   | Salida   |   |   |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |   |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | E. Antorcha  |   |   |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |   |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1709-0494   |   |   |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO        | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION  | Rango o valor máximo permisible<br><br>Art. No. *NE |
|   |                                   |  | PUNTO DE MUESTREO 6   |   |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 46.46   |   |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 38.00   |   |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l   | 41.40   |   |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 0.750   |   |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 7.93  |   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0006169**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 49.- Afluente unidad H-01, muestreo 3, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AR1709-052

|   |                                   |  |   |                      |
|---|-----------------------------------|--|---|----------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR       |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> | Célular<br>8505-9206 |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS   | CADENA DE CUSTODIA   |
| INGRESO:<br>22/09/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/09/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>27/09/2017                           | 29/09/2017  | 2816                 |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 21/09/2017 10:41am   |   |                      |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |                      |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |                      |
| Fuente  |                                   | Entrada  |   |                      |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |                      |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | A. Cala  |   |                      |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |                      |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1709-0489   |   |                      |
| METODO<br>SM // EPA   | ENSAYO REALIZADO<br>PARAMETRO     | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION<br>PUNTO DE MUESTREO 1   | Art. No. *NE         |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 1,038.11  | NE                   |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 840.00  | NE                   |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l   | 104.00  | NE                   |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.150   | NE                   |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 42.24   | NE                   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva, s al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.  
**SM:** Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**Ph.D. Leandro Páramo Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0006164**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 50.- Efluente unida H-01, muestreo 3, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



| LABORATORIO AMBIENTAL<br>CERTIFICADO DE ENSAYOS                     |                                   |  |   |   | LA-AR1709-052        |
|---|-----------------------------------|--|---|---|----------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR                                      |                      |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |   | Célular<br>8505-9206 |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS   | CADENA DE CUSTODIA                                  | NUMERO DE MUESTRAS   |
| INGRESO:<br>22/09/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/09/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>27/09/2017                           | 29/09/2017  | 2816  | Seis (6)             |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 21/09/2017 11:00am   |   |   |                      |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |   |                      |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |   |                      |
| Fuente  |                                   | Salida   |   |   |                      |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |   |                      |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | E. Cala  |   |   |                      |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |   |                      |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1709-0490   |   |   |                      |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO        | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION  | Rango o valor máximo permisible<br><br>Art. No. *NE |                      |
|   |                                   |  | PUNTO DE MUESTREO 2   |   |                      |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 127.77  |   |                      |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 67.00   |   |                      |
| 2540-D  | Sólidos Suspendedos Totales       | mg/l   | 35.00   |   |                      |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 1.167   |   |                      |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 28.47   |   |                      |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva, s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**Ph.D. Leandro Parro Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el Laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0006165**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 51.- Afluente unida H-02, muestreo 3, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1709-052

|   |                                   |  |   |                      |
|---|-----------------------------------|--|---|----------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR |   | TELEFONO<br>NR       |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante  | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> | Célular<br>8505-9206 |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS   | CADENA DE CUSTODIA   |
| INGRESO:<br>22/09/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/09/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>27/09/2017                           | 29/09/2017  | 2816                 |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   | 21/09/2017 11:15am   |   |                      |
| Muestreado por  |                                   | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                        |   |                      |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   | NR   |   |                      |
| Fuente  |                                   | Entrada  |   |                      |
| Tipo de Muestra   |                                   | Agua Residual Puntual                                      |   |                      |
| Observaciones de Ubicación  |                                   | A. Ginger  |   |                      |
| Coordenadas   |                                   | NR   |   |                      |
| Codificación PIENSA   |                                   | LA-1709-0491   |   |                      |
| METODO SM // EPA  | ENSAYO REALIZADO PARAMETRO        | Unidad   | VALOR DE CONCENTRACION  | Art. No. *NE         |
| PUNTO DE MUESTREO 3   |                                   |  |   |                      |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l   | 825.17  | NE                   |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l   | 492.00  | NE                   |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l   | 326.60  | NE                   |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l   | 2.947   | NE                   |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l   | 28.47   | NE                   |

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los valores solicitados por el cliente

**COORDINACIÓN TÉCNICA**  
 Ph.D. Leonardo Barro Aquilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0006166**

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## Ilustración 52.- Efluente unida H-02, muestreo 3, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Fosforo Total y Nitrógeno Total



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



| LABORATORIO AMBIENTAL<br>CERTIFICADO DE ENSAYOS                     |                                   |                                  |   | LA-AR1709-052      |                      |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|---|--------------------|----------------------|
| EMPRESA / PROYECTO / PERSONA<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco |                                   |                                  | DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento<br>NR                              |                    | TELEFONO<br>NR       |
| ATENCIÓN:<br>Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco                    |                                   | CARGO<br>Estudiante              | EMAIL<br><a href="mailto:gutierrez.ulices94@gmail.com">gutierrez.ulices94@gmail.com</a> |                    | Célular<br>8505-9206 |
| FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                |                                   |                                  | FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS   | CADENA DE CUSTODIA | NUMERO DE MUESTRAS   |
| INGRESO:<br>22/09/2017  | INICIO DE ANALISIS:<br>22/09/2017 | FINAL DE ANALISIS:<br>27/09/2017 | 28/09/2017  | 2816               | Seis (6)             |
| Fecha y Hora de Muestreo  |                                   |                                  | 21/09/2017 11:25am  |                    |                      |
| Muestreado por  |                                   |                                  | Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco   |                    |                      |
| Supervisor de Muestreo en Campo                                     |                                   |                                  | NR  |                    |                      |
| Fuente  |                                   |                                  | Salida  |                    |                      |
| Tipo de Muestra   |                                   |                                  | Agua Residual Puntual   |                    |                      |
| Observaciones de Ubicación  |                                   |                                  | E. Ginger   |                    |                      |
| Coordenadas   |                                   |                                  | NR  |                    |                      |
| Codificación PIENSA   |                                   |                                  | LA-1709-0492  |                    |                      |
| METODO<br>SM // EPA   | ENSAYO REALIZADO<br>PARAMETRO     | Unidad                           | VALOR DE CONCENTRACION<br>PUNTO DE MUESTREO 4   | Art. No. *NE       |                      |
| 5220-C  | Demanda Química de Oxígeno        | mg/l                             | 133.58  | NE                 |                      |
| 5210-B  | Demanda Bioquímica de Oxígeno     | mg/l                             | 76.80   | NE                 |                      |
| 2540-D  | Sólidos Suspendidos Totales       | mg/l                             | 10.00   | NE                 |                      |
| 4500-C  | Fósforo Total                     | mg/l                             | 0.814   | NE                 |                      |
| 4500-B  | Nitrógeno Total                   | mg/l                             | 18.67   | NE                 |                      |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.   
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.   
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los datos reportados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0006167**

Teléfono Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

Anexo B

**PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN UNIDAD H-01**

| ITEM     | DESCRIPCIÓN   | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |              |            |                 | COSTOS TOTALES |              |            |                     |
|----------|---|-----|----------|------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------|---------------------|
|          |   |     |          | Materiales       | Mano de Obra | Transporte | Costo Unit. C\$ | Materiales     | Mano de Obra | Transporte | TOTAL               |
| <b>1</b> | <b>H-01</b>   |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$10,150.52</b> |
| 1.1      | Limpieza Inicial  | glb | 1.00     | 0.00             | 50.00        | 50.00      | C\$100.00       | 0.00           | 50.00        | 50.00      | C\$100.00           |
| 1.2      | Descapote, 0.20 máximo  | m3  | 0.21     | 0.00             | 50.00        | 0.00       | C\$50.00        | 0.00           | 10.35        | 0.00       | C\$10.35            |
| 1.3      | Trazo y Nivelación  | m2  | 1.03     | 95.83            | 46.67        | 0.00       | C\$142.50       | 99.14          | 48.28        | 0.00       | C\$147.42           |
| 1.4      | Excavación (Humedal, Tanque de Pretratamiento, Tanque de Almacenamiento)                                  | m3  | 0.72     | 0.00             | 55.00        | 0.00       | C\$55.00        | 0.00           | 39.83        | 0.00       | C\$39.83            |
| 1.5      | Botar Tierra Sobrante   | m3  | 0.72     | 0.00             | 20.00        | 100.00     | C\$120.00       | 0.00           | 14.48        | 72.42      | C\$86.90            |
| 1.6      | Conformación y compactación   | m2  | 1.03     | 0.00             | 12.00        | 0.00       | C\$12.00        | 0.00           | 12.41        | 0.00       | C\$12.41            |
| 1.7      | Suministro e instalación de protección Lateral con plástico negro mayor de 1.4 mm de espesor y sacos      | glb | 1.00     | 886.96           | 50.00        | 0.50       | C\$937.46       | 886.96         | 50.00        | 0.50       | C\$937.46           |
| 1.8      | Suministro y colocación de piedra Bolón (70-75 mm) como material filtrante en los extremos de Humedal, L2 | m3  | 0.30     | 416.00           | 24.11        | 610.50     | C\$1,050.61     | 125.66         | 7.28         | 184.41     | C\$317.36           |

| ITEM | DESCRIPCIÓN  | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |              |            |                 | COSTOS TOTALES |              |            |             |
|------|--|-----|----------|------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------|-------------|
|      |  |     |          | Materiales       | Mano de Obra | Transporte | Costo Unit. C\$ | Materiales     | Mano de Obra | Transporte | TOTAL       |
| 1.9  | Suministro y colocación de Piedra Cuarta como material filtrante intermedio de diámetros entre 20mm y 25mm, L1   | m3  | 0.42     | 695.65           | 39.28        | 123.24     | C\$858.17       | 293.63         | 16.58        | 52.02      | C\$362.23   |
| 1.1  | Suministro e instalación de tanques de 250 lts rotoplas bicapa para tratamiento primario de las aguas  | c/u | 2.00     | 1024.13          | 80.00        | 20.00      | C\$1,124.13     | 2048.26        | 160.00       | 40.00      | C\$2,248.26 |
| 1.11 | Suministro e instalación de Tubería PVC de 2" para conexión de los sistemas y Ventilación, incluye accesorios de acople y fijación. Excavación, Relleno y Compactación | glb | 1.00     | 1983.67          | 1596.00      | 20.00      | C\$3,599.67     | 1983.67        | 1596.00      | 20.00      | C\$3,599.67 |
| 1.12 | Suministro y colocación de Plantas Ornamentales sobre el material filtrante, separadas @ 0.40 en a/D   | c/u | 10.00    | 7.00             | 6.67         | 10.00      | C\$23.67        | 70.00          | 66.70        | 100.00     | C\$236.70   |

| ITEM                                 | DESCRIPCIÓN  | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |              |            |                 | COSTOS TOTALES |              |            |                     |
|--------------------------------------|--|-----|----------|------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------|---------------------|
|                                      |  |     |          | Materiales       | Mano de Obra | Transporte | Costo Unit. C\$ | Materiales     | Mano de Obra | Transporte | TOTAL               |
| 1.13                                 | Instalación de tanque de 250 lts rotoplast bicapa de Almacenamiento de Agua Salientes del Sistema de humedales | c/u | 1.00     | 1024.13          | 53.33        | 20.00      | C\$1,097.46     | 1024.13        | 53.33        | 20.00      | C\$1,097.46         |
| 1.14                                 | Cemento  | bls | 1.00     | 220.00           | 0.00         | 3.00       | C\$223.00       | 220.00         | 0.00         | 3.00       | C\$223.00           |
| 1.15                                 | arena  | lts | 6.00     | 11.90            | 0.00         | 2.00       | C\$13.90        | 71.40          | 0.00         | 12.00      | C\$83.40            |
| 1.16                                 | Piedra Cantera   | c/u | 8.00     | 45.00            | 0.00         | 6.00       | C\$51.00        | 360.00         | 0.00         | 48.00      | C\$408.00           |
| 1.17                                 | Construcción de Bordillo de Piedra Cantera en el Perímetro de los humedales                                    | ml  | 4.84     | 0.00             | 48.65        | 1.00       | C\$49.65        | 0.00           | 235.24       | 4.84       | C\$240.07           |
| <b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS</b>        |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$10,150.52</b> |
| <b>TOTAL, COSTOS INDIRECTOS (5%)</b> |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$507.53</b>    |
| <b>ADMINISTRACIÓN (3%)</b>           |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$304.52</b>    |
| <b>SUB TOTAL 1</b>                   |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$10,962.56</b> |
| <b>IVA (15%)</b>                     |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$1,644.38</b>  |
| <b>IR (1%)</b>                       |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$109.63</b>    |
| <b>TOTAL, C\$</b>                    |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$12,716.57</b> |
| <b>TOTAL, \$</b>                     |  |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>\$446.20</b>     |

**PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN UNIDAD H-02**

| ITEM     | DESCRIPCIÓN   | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |              |            |                 | COSTOS TOTALES |              |            |                     |
|----------|---|-----|----------|------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------|---------------------|
|          |   |     |          | Materiales       | Mano de Obra | Transporte | Costo Unit. C\$ | Materiales     | Mano de Obra | Transporte | TOTAL               |
| <b>1</b> | <b>H-02</b>   |     |          |                  |              |            |                 |                |              |            | <b>C\$10,150.52</b> |
| 1.1      | Limpieza Inicial  | glb | 1.00     | 0.00             | 50.00        | 50.00      | C\$100.00       | 0.00           | 50.00        | 50.00      | C\$100.00           |
| 1.2      | Descapote, 0.20 máximo  | m3  | 0.21     | 0.00             | 50.00        | 0.00       | C\$50.00        | 0.00           | 10.35        | 0.00       | C\$10.35            |
| 1.3      | Trazo y Nivelación  | m2  | 1.03     | 95.83            | 46.67        | 0.00       | C\$142.50       | 99.14          | 48.28        | 0.00       | C\$147.42           |
| 1.4      | Excavación (Humedal, Tanque de Pretratamiento, Tanque de Almacenamiento)                                  | m3  | 0.72     | 0.00             | 55.00        | 0.00       | C\$55.00        | 0.00           | 39.83        | 0.00       | C\$39.83            |
| 1.5      | Botar Tierra Sobrante   | m3  | 0.72     | 0.00             | 20.00        | 100.00     | C\$120.00       | 0.00           | 14.48        | 72.42      | C\$86.90            |
| 1.6      | Conformación y compactación   | m2  | 1.03     | 0.00             | 12.00        | 0.00       | C\$12.00        | 0.00           | 12.41        | 0.00       | C\$12.41            |
| 1.7      | Suministro e instalación de protección Lateral con plástico negro mayor de 1.4 mm de espesor y sacos      | glb | 1.00     | 886.96           | 50.00        | 0.50       | C\$937.46       | 886.96         | 50.00        | 0.50       | C\$937.46           |
| 1.8      | Suministro y colocación de piedra Bolón (70-75 mm) como material filtrante en los extremos de humedal, L2 | m3  | 0.30     | 416.00           | 24.11        | 610.50     | C\$1,050.61     | 125.66         | 7.28         | 184.41     | C\$317.36           |

| ITEM | DESCRIPCIÓN  | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |              |            |                 | COSTOS TOTALES |              |            |             |
|------|--|-----|----------|------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------|-------------|
|      |  |     |          | Materiales       | Mano de Obra | Transporte | Costo Unit. C\$ | Materiales     | Mano de Obra | Transporte | TOTAL       |
| 1.9  | Suministro y colocación de Piedra Cuarta como material filtrante intermedio de diámetros entre 20mm y 25mm, L1   | m3  | 0.42     | 695.65           | 39.28        | 123.24     | C\$858.17       | 293.63         | 16.58        | 52.02      | C\$362.23   |
| 1.1  | Suministro e instalación de tanques de 250 lts rotoplas bicapa para tratamiento primario de las aguas  | c/u | 2.00     | 1024.13          | 80.00        | 20.00      | C\$1,124.13     | 2048.26        | 160.00       | 40.00      | C\$2,248.26 |
| 1.11 | Suministro e instalación de Tubería PVC de 2" para conexión de los sistemas y Ventilación, incluye accesorios de acople y fijación. Excavación, Relleno y Compactación | glb | 1.00     | 1983.67          | 1596.00      | 20.00      | C\$3,599.67     | 1983.67        | 1596.00      | 20.00      | C\$3,599.67 |
| 1.12 | Suministro y colocación de Plantas Ornamentales sobre el material filtrante, separadas @ 0.40 en a/D   | c/u | 10.00    | 7.00             | 6.67         | 10.00      | C\$23.67        | 70.00          | 66.70        | 100.00     | C\$236.70   |

| ITEM                                 | DESCRIPCIÓN   | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |                 |            |                    | COSTOS TOTALES |                 |            |                     |
|--------------------------------------|---|-----|----------|------------------|-----------------|------------|--------------------|----------------|-----------------|------------|---------------------|
|                                      |   |     |          | Materiales       | Mano de<br>Obra | Transporte | Costo Unit.<br>C\$ | Materiales     | Mano de<br>Obra | Transporte | TOTAL               |
| 1.13                                 | Instalación de tanque de 250 lts rotoplas bicapa de Almacenamiento de Agua Salientes del Sistema de Humedal | c/u | 1.00     | 1024.13          | 53.33           | 20.00      | C\$1,097.46        | 1024.13        | 53.33           | 20.00      | C\$1,097.46         |
| 1.14                                 | Cemento   | bls | 1.00     | 220.00           | 0.00            | 3.00       | C\$223.00          | 220.00         | 0.00            | 3.00       | C\$223.00           |
| 1.15                                 | arena   | lts | 6.00     | 11.90            | 0.00            | 2.00       | C\$13.90           | 71.40          | 0.00            | 12.00      | C\$83.40            |
| 1.16                                 | Piedra Cantera  | c/u | 8.00     | 45.00            | 0.00            | 6.00       | C\$51.00           | 360.00         | 0.00            | 48.00      | C\$408.00           |
| 1.17                                 | Construcción de Bordillo de Piedra Cantera en el Perímetro de los Humedales                                 | ml  | 4.84     | 0.00             | 48.65           | 1.00       | C\$49.65           | 0.00           | 235.24          | 4.84       | C\$240.07           |
| <b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS</b>        |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$10,150.52</b> |
| <b>TOTAL, COSTOS INDIRECTOS (5%)</b> |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$507.53</b>    |
| <b>ADMINISTRACIÓN (3%)</b>           |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$304.52</b>    |
| <b>SUB TOTAL 1</b>                   |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$10,962.56</b> |
| <b>IVA (15%)</b>                     |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$1,644.38</b>  |
| <b>IR (1%)</b>                       |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$109.63</b>    |
| <b>TOTAL, C\$</b>                    |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$12,716.57</b> |
| <b>TOTAL, \$</b>                     |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>\$446.20</b>     |

**PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN UNIDAD H-03**

| ITEM     | DESCRIPCIÓN   | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |                 |            |                    | COSTOS TOTALES |                 |            |                     |
|----------|---|-----|----------|------------------|-----------------|------------|--------------------|----------------|-----------------|------------|---------------------|
|          |   |     |          | Materiales       | Mano de<br>Obra | Transporte | Costo Unit.<br>C\$ | Materiales     | Mano de<br>Obra | Transporte | TOTAL               |
| <b>1</b> | <b>H-03</b>   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$12,176.77</b> |
| 1.1      | Limpieza Inicial  | glb | 1.00     | 0.00             | 50.00           | 50.00      | C\$100.00          | 0.00           | 50.00           | 50.00      | C\$100.00           |
| 1.2      | Descapote, 0.20 mts máximo  | m3  | 0.52     | 0.00             | 50.00           | 0.00       | C\$50.00           | 0.00           | 25.86           | 0.00       | C\$25.86            |
| 1.3      | Trazo y Nivelación  | m2  | 2.59     | 95.83            | 46.67           | 0.00       | C\$142.50          | 247.85         | 120.70          | 0.00       | C\$368.55           |
| 1.4      | Excavación (Humedal, Tanque de Pretratamiento, Tanque de Almacenamiento)                                  | m3  | 1.81     | 0.00             | 55.00           | 0.00       | C\$55.00           | 0.00           | 99.57           | 0.00       | C\$99.57            |
| 1.5      | Botar Tierra Sobrante   | m3  | 1.81     | 0.00             | 20.00           | 100.00     | C\$120.00          | 0.00           | 36.21           | 181.04     | C\$217.25           |
| 1.6      | Conformación y compactación   | m2  | 2.59     | 0.00             | 12.00           | 0.00       | C\$12.00           | 0.00           | 31.04           | 0.00       | C\$31.04            |
| 1.7      | Suministro e instalación de protección Lateral con plástico negro mayor de 1.4 mm de espesor y sacos      | glb | 1.00     | 886.96           | 50.00           | 0.50       | C\$937.46          | 886.96         | 50.00           | 0.50       | C\$937.46           |
| 1.8      | Suministro y colocación de piedra Bolón (70-75 mm) como material filtrante en los extremos de humedal, L2 | m3  | 0.64     | 416.00           | 24.11           | 610.50     | C\$1,050.61        | 264.92         | 15.35           | 388.78     | C\$669.04           |

| ITEM | DESCRIPCIÓN  | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |              |            |                 | COSTOS TOTALES |              |            |             |
|------|--|-----|----------|------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------|-------------|
|      |  |     |          | Materiales       | Mano de Obra | Transporte | Costo Unit. C\$ | Materiales     | Mano de Obra | Transporte | TOTAL       |
| 1.9  | Suministro y colocación de Piedra Cuarta como material filtrante intermedio de diámetros entre 20mm y 25mm, L1   | m3  | 1.17     | 695.65           | 39.28        | 123.24     | C\$858.17       | 816.42         | 46.10        | 144.63     | C\$1,007.15 |
| 1.1  | Suministro e instalación de tanques de 250 lts Rotoplas bicapa para tratamiento primario de las aguas  | c/u | 2.00     | 1024.13          | 80.00        | 20.00      | C\$1,124.13     | 2048.26        | 160.00       | 40.00      | C\$2,248.26 |
| 1.11 | Suministro e instalación de Tubería PVC de 2" para conexión de los sistemas y Ventilación, incluye accesorios de acople y fijación. Excavación, Relleno y Compactación | glb | 1.00     | 1983.67          | 1596.00      | 20.00      | C\$3,599.67     | 1983.67        | 1596.00      | 20.00      | C\$3,599.67 |
| 1.12 | Suministro y colocación de Plantas Ornamentales sobre el material filtrante, separadas @ 0.40 en a/D   | c/u | 21.00    | 7.00             | 6.67         | 10.00      | C\$23.67        | 147.00         | 140.07       | 210.00     | C\$497.07   |

| ITEM                                 | DESCRIPCIÓN   | U/M | CANTIDAD | COSTOS UNITARIOS |                 |            |                    | COSTOS TOTALES |                 |            |                     |
|--------------------------------------|---|-----|----------|------------------|-----------------|------------|--------------------|----------------|-----------------|------------|---------------------|
|                                      |   |     |          | Materiales       | Mano de<br>Obra | Transporte | Costo Unit.<br>C\$ | Materiales     | Mano de<br>Obra | Transporte | TOTAL               |
| 1.13                                 | Instalación de tanque de 250 lts rotoplas bicapa de Almacenamiento de Agua Salientes del Sistema de humedal | c/u | 1.00     | 1024.13          | 53.33           | 20.00      | C\$1,097.46        | 1024.13        | 53.33           | 20.00      | C\$1,097.46         |
| 1.14                                 | Cemento   | bls | 1.00     | 220.00           | 0.00            | 3.00       | C\$223.00          | 220.00         | 0.00            | 3.00       | C\$223.00           |
| 1.15                                 | arena   | lts | 2.00     | 11.90            | 0.00            | 2.00       | C\$13.90           | 23.80          | 0.00            | 4.00       | C\$27.80            |
| 1.16                                 | Piedra Cantera  | c/u | 13.00    | 45.00            | 0.00            | 6.00       | C\$51.00           | 585.00         | 0.00            | 78.00      | C\$663.00           |
| 1.17                                 | Construcción de Bordillo de Piedra cantera y Concreto en el Perímetro de los Humedales                      | ml  | 7.34     | 0.00             | 48.65           | 1.00       | C\$49.65           | 0.00           | 357.24          | 7.34       | C\$364.58           |
| <b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS</b>        |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$12,176.77</b> |
| <b>TOTAL, COSTOS INDIRECTOS (5%)</b> |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$608.84</b>    |
| <b>ADMINISTRACIÓN (3%)</b>           |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$365.30</b>    |
| <b>SUB TOTAL 1</b>                   |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$13,150.91</b> |
| <b>IVA (15%)</b>                     |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$1,972.64</b>  |
| <b>IR (1%)</b>                       |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$131.51</b>    |
| <b>TOTAL, C\$</b>                    |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>C\$15,255.05</b> |
| <b>TOTAL, \$</b>                     |   |     |          |                  |                 |            |                    |                |                 |            | <b>\$535.27</b>     |

## Anexo C

### Evaluación de impacto ambiental

**Tabla 54.-** Línea base ambiental

| COMPONENTES DE LA LINEA BASE |                         |   |
|------------------------------|-------------------------|---|
| Categoría                    | Componente ambiental    | VARIABLES   |
| 1- Estudio del medio físico  | <b>Clima</b>            | <p><b>Temperatura:</b> la temperatura media del área en estudio es 22.3 °C. En los registros anuales, es más elevada en abril y mayo, con valores entre 23.3 °C y 23.86 °C.</p> <p><b>Humedad:</b> la humedad relativa en el sector de Estelí presenta valores máximos mensuales que se registran en los meses de septiembre y octubre, para la mayoría de las estaciones los valores oscilan entre 81 y 79 %, al norte del departamento; entre 75 y 79 % al oeste, entre 87 y 86 % al Este, entre 75 y 78 % al sur y entre 78 y 75 % al centro del departamento.</p> <p>Las localidades ubicadas propiamente al noroeste y sur del departamento son las que registra los valores más bajos de humedad relativa. En los meses conocidos como secos, los valores de humedad relativa oscilan de 53 a 50 %.</p> <p><b>Clasificación Climática:</b> el clima del área de estudio, de acuerdo a la clasificación de Koppen Modificado, se conoce como de Sabana Tropical (Aw), caracterizado por una estación seca de cuatro a cinco meses, entre diciembre y abril. Con precipitaciones moderadas y una marcada estacionalidad lluviosa y seca, (INETER, 1990/2003).</p> |
|                              | <b>Calidad del aire</b> | <p><b>Fuentes principales de emisión:</b> debido a que los sistemas se encuentran ubicados en la zona rural del municipio de Estelí, no hay fuentes de emisión que contaminen el aire; sin embargo, en el casco urbano de Estelí se encuentran industrias (tabacaleras) que contaminan el aire del ambiente, este se ve afectado principalmente por la dispersión de los contaminantes existentes. Cabe mencionar la proximidad de la carretera más importante del país, la carretera Panamericana, la que trae consigo varios contaminantes.</p>   |

| Categoría                   | Componente ambiental    | Variables   |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| 1- Estudio del medio físico | <b>Calidad del aire</b> | <b>Características meteorológicas de la zona de estudio con la calidad del aire:</b> la calidad del aire se ve afectada principalmente por la erosión eólica que provocan los fuertes vientos que están en dependencia de su dirección predominante más aún si se consideran los meses de octubre y noviembre que es cuando aumentan su velocidad debido huracanes y depresiones tropicales que pasan cerca de Nicaragua.   |
|                             | <b>Suelo</b>            | <p><b>Erosión:</b> los suelos de San Nicolás, el sector oriental de los municipios de Estelí y Condega son franco arcillosos con erosión moderada; en los municipios de La Trinidad y San Juan de Limay, la erosión es severa.</p> <p><b>Características:</b> el municipio de Estelí consiste de suelos profundos, bien drenados, lentamente permeables, parado oscuro a parado rojizo oscuro, que se han derivado en gran parte de aluviales lavados de las tierras altas cubiertas de cenizas. La mayoría de los suelos se encuentran en las planicies ligeramente onduladas a fuertemente onduladas.</p> |
|                             | <b>Paisaje</b>          | <p><b>La visibilidad:</b> la zona está cubierta en su mayoría de paste de montaña, predomina en el terreno las vistas enclaustradas por paisajes boscosos con diferentes tonalidades de verde; existe una gran variedad de árboles frondosos, igualmente debido a la altura de la zona se puede apreciar vistas panorámica hacia el cielo sin límites.</p> <p><b>La calidad paisajística:</b> esta es muy buena, dada a la buena estética del lugar si bien la vía de acceso no está pavimentada, esta no es impedimento para poder apreciar la panorámica boscosa.</p>                                     |
| 2- Estudio de la Biota      | <b>Vegetación</b>       | <b>Tipo de cubierta vegetal:</b> esta juega un rol importante en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que los elementos son productores primarios de energía. La vegetación es uno de los elementos base de los sistemas biológicos. Los factores ambientales, en especial la temperatura y la humedad, determinan la presencia y las características de la vegetación de un área. La vegetación es escasa, sabanera y achaparrada con algunas manchas de bosques de coníferas (pinus oocarpa sp). Las formaciones vegetales son tres: húmedo, fresco húmedo y pluviselva (Miraflores).                 |

| Categoría  | Componente ambiental              | Variables  |
|--|-----------------------------------|--|
| 3- Estudio del medio socio económico y cultural. | <b>Análisis del asentamiento</b>  | <p><b>Densidad de población:</b> Para el año 2005 se estima que población del municipio de Estelí es de 201,548 habitantes con una densidad de 90.4 hab/km<sup>2</sup> según VIII Censo de Población y IV de Vivienda, (2005). La densidad en el área Urbana es de 2,740 hab/km<sup>2</sup> y en el área Rural es de 28 hab/km<sup>2</sup>. La subzona con menor densidad de población es la de La Tunosa con una densidad de 8 hab/km<sup>2</sup>.</p>  |
|  |                                   | <p>Crecimiento demográfico y estructura demo laboral: al analizar la población se puede señalar que la población menor de 15 años representa el 42.10% del total de la población y los jóvenes de 15 a 24 años son el 21.80 % del total. El 54.58 % de ésta, se concentra en las edades de 15 a 64 años. Se reflejan una tasa de crecimiento del 3.9%, de otra forma, 28.60 niños nacidos vivos por cada mil habitantes.</p> <p>En cuanto a la PEA se reflejan datos de acuerdo a su condición, identificándolos como ocupados y desocupados; para el Municipio de ESTELI el 35.5 % de la población total es económicamente activa y de estos el 14.8 % están en el desempleo abierto (9.4 % lo son hombres y 5.4 % lo son mujeres). De la PEA total, el 64.6 son hombres.</p> <p>El 79.5 % de la PEA total se concentra en el área urbana. El 59.5 % de la PEA urbana son hombres y en el área rural este porcentaje se eleva al 83.8 %. El Distrito 1 concentra el 34.9 % de la PEA total del municipio, en general cada distrito concentra más PEA que la que hay en el área Rural.</p> |
|  | <b>Acueducto y alcantarillado</b> | <p><b>Servicio Sanitario:</b> en Estelí en el ámbito municipal hay un 14.0 % de viviendas que no tienen ningún tipo de servicio sanitario, este porcentaje se incrementa en el área rural a un 34.7 %.</p>   |
|  |                                   | <p><b>Red de alcantarillado sanitario:</b> en La Tunosa no existe ninguna red de alcantarillado sanitario, por lo que los habitantes de esta comunidad, poseen en su vivienda fosas sépticas, las cuales han construido de manera artesanal en su mayoría, de tal forma que no tienen una previa capacitación, para su construcción o su mantenimiento, lo que a su vez provoca la continua contaminación de las aguas superficiales y del suelo.</p>  |

| Categoría                                       | Componente ambiental  | Variables  |
|---|-----------------------|--|
| 3-Estudio del medio socio económico y cultural. | <b>Habitad Humano</b> | <p><b>El grado de ocupación de las viviendas:</b> en este acápite refiriéndonos al hacinamiento de las viviendas, se conoce que el promedio de ocupación de las viviendas es de 5.71 habitantes por vivienda.</p>  |
|   |                       | <p><b>Tipología urbanística y arquitectónica de las edificaciones:</b> la mayoría de las edificaciones del sector de La Tunosa, son viviendas, las cuales mantienen una forma tradicional de 2 aguas en su mayoría, con una composición simple de sus fachadas, de acuerdo III Censo Nacional de Vivienda, (INEC – 1995) el 43.7 % de las viviendas del área rural tienen paredes de madera. En la sub-zona de La Montañita este porcentaje se eleva al 75.1 %, o sea que tres de cada cuatro viviendas de esta zona tienen sus paredes de madera.</p>   |
|   | <b>Salud</b>          | <p>El municipio de Estelí, cuenta con el Sistema Local de Atención Integral de la Salud (SILAIS), que atiende a todos los municipios y comunidades del departamento de Estelí.</p> <p>La red de Servicios está organizada en dos unidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Hospital "San Juan de Dios", cuenta con 4 especialidades tales como: pediatría, medicina interna, ginecobstetricia y, cirugía y ortopedia. Cuenta también con seis subespecialidades. El Hospital ofrece los servicios de hospitalización, emergencia, consulta externa y rol de consulta en cada una de las especialidades con las que cuenta el hospital.</li> <li>b. Centro de salud "Leonel Rugama" en el que se da atención primaria a través de consulta médica fijas y ambulatoria, cuenta con todos los Programas de Atención en Salud (APS) tales como: programa de atención integral a la mujer, niñez y adolescencia (AIMNA), consulta médica de acciones preventivas, planificación familiar, control prenatal, detección oportuna del cáncer cérvico uterino, promoción de la lactancia materna, vigilancia del crecimiento y desarrollo del niño (peso y talla).</li> </ol> |

| Categoría                                       | Componente ambiental  | Variables  |
|---|-----------------------|--|
| 3-Estudio del medio socio económico y cultural. | <b>Vulnerabilidad</b> | <p><b>La población:</b> la ciudad de Estelí consta con 201,548 habitantes según los datos censales del año 2005 de los cuales el 48.5% (97,805) de la población corresponde al sexo masculino y el 51.5% corresponden al sexo femenino (103,743). El 0.15% de la población corresponde al sector del proyecto.</p>   |
|   |                       | <p>Estelí se encuentra muy expuesto a la ocurrencia de eventos sísmicos debido a muchas fallas geológicas, por lo que, un sismo puede tener graves consecuencias, por la existencia de suelos inestables, de construcciones realizadas con materiales de mala calidad, viviendas construidas cerca de fallas y la poca técnica en la construcción de las casas y edificios.</p>  |
|   |                       | <p><b>Riesgo por Inundaciones:</b> hay diferentes tipos de inundaciones que pueden ser provocadas por desbordamientos de los ríos, inundaciones súbitas, inundaciones por lluvias torrenciales y otros, en Estelí pueden ser provocadas por desbordamiento de ríos o por lluvias torrenciales. El riesgo por inundación en el municipio de Estelí es moderado.</p>   |
|   |                       | <p><b>Riesgos por acciones Antrópicas:</b> son generadas por la acción del hombre y provocan eventos adversos llegando a ser desastres que pueden conllevar pérdidas de vidas humanas. <b>DERRAME DE SUSTANCIAS TOXICAS:</b> por estar sobre la carretera panamericana existen diversas empresas que trafican en vehículos cisternas productos como; gasolina, diésel, soda cáustica, metanol, alcoholes, y otros productos peligrosos y volátiles, por lo que son considerados como manejo de productos peligrosos.</p>   |
|   |                       | <p><b>Riesgo por Contaminación Ambiental:</b> la falta de conocimiento y conciencia ambiental en la población; las limitaciones de las instituciones encargadas de velar por la preservación del ambiente; la costumbre de producir anteponiendo los intereses económicos a su conservación; la poca cobertura de los servicios de recolección de basura, disposición de excretas, sistemas de alcantarillado pluvial y eliminación de desechos industriales y domésticos, entre otros; degradan el ambiente en general al punto de dejarlo en una situación de alto riesgo.</p> |

| Categoría  | Componente ambiental | Variables   |
|--|----------------------|---|
| 3) Estudio del medio socio económico y cultural. | <b>Economía</b>      | <p>En la economía nacional y municipal, las ramas económicas donde el porcentaje de participación femenina es elevado, resultan ser las de más bajos ingresos, a pesar de la enorme importancia que tienen para el desarrollo económico y social del municipio, tales como la salud y la educación.</p> <p>Hay ramas de actividades casi exclusivas con más del 70 % de participación por uno u otro sexo; tales como, agropecuaria, industria, construcción, transporte y administración dominadas por hombres y educación, salud y servicios (domésticos, de hoteles y restaurantes) dominadas por mujeres.</p> <p>El 26.8 % de la población se dedica a la agricultura, el 15.9 % se dedica a la industria, incluyendo a la rama de la construcción que puede ser considerada como una actividad industrial y un 54.3 % se dedica actividades comerciales y de servicios, lo cual destaca que, por sus actividades, el municipio es un centro prestador de servicios y facilitador del desarrollo comercial, no solo para sus pobladores, sino para todos los habitantes del norte del país.</p> |

**Tabla 55.-** Impactos negativos durante la construcción del proyecto

| CONSTRUCCION |                          |                            |  |                                 |
|--------------|--------------------------|----------------------------|--|---------------------------------|
| Código       | Actividades del proyecto | Factor ambiental impactado | Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental  | Categoría del impacto ambiental |
| M1           | <b>Preliminares</b>      | CALIDAD DEL AIRE           | Debido a la cantidad de polvo y otros microorganismos que dispersaran a través del aire, contaminándolo. | <b>IRRELEVANTE</b>              |

| <b>Código</b> | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>  | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| M4            | <b>Preliminares</b>             | VEGETACION                        | En el sitio existe una capa vegetal, la cual será removida, ya que perjudica al proyecto o interviene en su desarrollo.   | MODERADO                               |
| M5            | <b>Preliminares</b>             | PAISAJE                           | Modifica la imagen del sitio debido al removimiento de la vegetación y árboles.(se eligió un lugar que considerado mínimamente afectable)   | MODERADO                               |
| M7            | <b>Preliminares</b>             | SALUD                             | Debido a la cantidad de agentes contaminantes producidos en esta etapa como en el caso del polvo, se ocasionará un perjuicio a la salud de los habitantes. (lugar apto a distancia) | IRRELEVANTE                            |
| M1            | <b>Trazo y nivelación</b>       | CALIDAD DEL AIRE                  | Esto ocasionará el levantamiento del polvo, circulando en el aire, lo cual es contaminante. (se eligió un lugar a distancia)  | IRRELEVANTE                            |
| M5            | <b>Trazo y nivelación</b>       | PAISAJE                           | El paisaje natural se ve modificado por las actividades realizadas en esta etapa.   | MODERADO                               |
| M1            | <b>Movimiento de tierra</b>     | CALIDAD DEL AIRE                  | Esto ocasionará el levantamiento del polvo, circulando en el aire, lo cual es contaminante.   | MODERADO                               |
| M2            | <b>Movimiento de tierra</b>     | RUIDO AMBIENTAL                   | Debido al transporte de material producto de las excavaciones.  | MODERADO                               |

| <b>Código</b> | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>   | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| M3            | <b>Movimiento de tierra</b>     | SUELO                             | Remoción de la capa vegetal y estratos del suelo para realizar la excavación de los tanques  | <b>MODERADO</b>                        |
| M5            | <b>Movimiento de tierra</b>     | PAISAJE                           | La acumulación de tierra producto de las excavaciones altera la imagen del sitio,  | <b>MODERADO</b>                        |
| M7            | <b>Movimiento de tierra</b>     | SALUD                             | Debido a la cantidad de agentes contaminantes producidos en esta etapa como es el caso del polvo, se ocasionará un perjuicio a la salud de los habitantes. | <b>IRRELEVANTE</b>                     |
| M8            | <b>Movimiento de tierra</b>     | ECONOMIA                          | Se generan gastos en mano de obra y acarreo de material selecto.   | <b>MODERADO</b>                        |
| M1            | <b>Mampostería</b>              | CALIDAD DEL AIRE                  | Debido al corte de piedra cantera y mezcla de cemento, el aire se ve afectado, contaminándolo. (no afecto debido a la selección del lugar)                 | <b>MODERADO</b>                        |
| M2            | <b>Mampostería</b>              | RUIDO AMBIENTAL                   | Debido al transporte de materiales para la construcción y la mano de obra que realizará la actividad.  | <b>MODERADO</b>                        |
| M5            | <b>Mampostería</b>              | PAISAJE                           | La existencia de materiales de construcción y herramientas modifican el paisaje de una manera negativa.  | <b>MODERADO</b>                        |

| <b>Código</b> | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>   | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| M6            | <b>Mampostería</b>              | HABITAT HUMANO                    | Debido a la contaminación por partículas en suspensión, el desperdicio de material y generación de ruido.  | <b>MODERADO</b>                        |
| M7            | <b>Mampostería</b>              | SALUD                             | Debido a la cantidad de agentes contaminantes producidos en esta etapa como es el caso del polvo, se ocasionará un perjuicio a la salud de los habitantes. | <b>IRRELEVANTE</b>                     |
| M8            | <b>Mampostería</b>              | ECONOMIA                          | Se da por la compra de materiales y alquiler de herramientas para el proyecto.   | <b>CRITICO</b>                         |

**Tabla 56.-** Impactos negativos durante el funcionamiento del proyecto

| <b>FUNCIONAMIENTO</b> |                                 |                                   |  |  |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| <b>Código</b>         | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>                             | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
| M2                    | Tratamiento de las aguas grises | CALIDAD DEL AIRE                  | Las aguas al no ser tratadas adecuadamente, estas tendrán un olor muy poco agradable     | IRRELEVANTE                            |
| M2                    | Disposición de desechos solidos | CALIDAD DEL AIRE                  | Los desechos sólidos pueden causar malos olores, los cuales afectan la calidad del aire. | IRRELEVANTE                            |

| <b>Código</b> | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>   | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| M7            | Disposición de desechos solidos | VEGETACION                        | Debido a que estos contienen una alta concentración de grasas, aceites y detergentes.  | CRITICO                                |
|               | Disposición de desechos solidos | SALUD                             | Pueden ser fuente de transmisión de enfermedades al no usar guantes y entrar en contacto con ellos.  | MODERADO                               |
| M22           | Disposición de desechos solidos | CALIDAD DE VIDA                   | La calidad de vida disminuye por los malos olores, la probabilidad de enfermedades y el deterioro de la vegetación.  | MODERADO                               |
| M2            | Mantenimiento del sistema       | CALIDAD DEL AIRE                  | Se ve afectado por las plantas, que, al no ser podadas estas desprenden de sus raíces los nutrientes acumulados de las aguas tratadas y que emergen a la superficie alterando la calidad del aire. | MODERADO                               |
| M2            | Influencia de las plantas       | CALIDAD DEL AIRE                  | Se puede generar por un mal funcionamiento del sistema, el cual sería a causa de falta de mantenimiento.   | IRRELEVANTE                            |

**Tabla 57.-** Impactos positivos durante la construcción del proyecto

| <b>CONSTRUCCION</b> |                                 |                                   |   |  |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| <b>Código</b>       | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>  | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
| M1                  | Limpieza y entrega final        | CALIDAD DEL AIRE                  | Se reduce a lo mínimo los factores que afectan este, ya que se finalizan las obras.   | IRRELEVANTE                            |
| M2                  | Limpieza y entrega final        | VEGETACION                        | Las plantas mejoran el aspecto visual del sitio e incrementan la vegetación de este.  | MODERADA                               |
| M3                  | Limpieza y entrega final        | PAISAJE                           | Al contar con un sistema para la tratar el agua y realizar para el riego de jardines, mejora la panorámica del lugar.       | MODERADO                               |
| M4                  | Limpieza y entrega final        | ALCANTARIL LADO                   | Se le otorga mayor tiempo de vida a la infraestructura, de igual forma ayuda a la depuración de las aguas grises del hogar. | RELEVANTE                              |
| M5                  | Limpieza y entrega final        | HÁBITAT HUMANO                    | Con la conclusión del proyecto, el hábitat humano mejora a consecuencia de las mejores condiciones de saneamiento.          | RELEVANTE                              |
| M6                  | Limpieza y entrega final        | SALUD                             | Al desechar las aguas grises en los patios de las viviendas no se generan focos de enfermedades.                            | RELEVANTE                              |
| M7                  | Limpieza y entrega final        | CALIDAD DE VIDA                   | Con el sistema de tratamiento de aguas grises se mejora el hábitat humano y se garantiza la salud a los usuarios.           | RELEVANTE                              |

**Tabla 58.-** Impactos positivos durante el funcionamiento

| <b>FUNCIONAMIENTO</b> |                                 |                                   |   |  |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| <b>Código</b>         | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>  | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
| M2                    | Tratamiento de las aguas grises | VEGETACION                        | El agua tratada se utilizará para el riego de plantas ornamentales y árboles, lo cual beneficia al crecimiento de estos con mayor cantidad de nutrientes. | RELEVANTE                              |
| M4                    | Tratamiento de las aguas grises | HABITAT HUMANO                    | Mejora gracias al desarrollo y reproducción de las plantas ornamentales y frutales.   | MODERADO                               |
| M5                    | Tratamiento de las aguas grises | SALUD                             | Al tratar las aguas grises generadas por la vivienda se evitan los focos de enfermedades.   | MODERADO                               |
| M6                    | Tratamiento de las aguas grises | CALIDAD DE VIDA                   | La calidad de vida incrementa gracias al desarrollo de las plantas, estas generan una gran cantidad de oxígeno y ayudan a la polución del medio ambiente. | MODERADO                               |
| M7                    | Tratamiento de las aguas grises | ECONOMIA                          | Debido a la reutilización del agua, se reducen costos de consumo de agua para el riego de plantas ornamentales y frutales.                                | MODERADO                               |
| M1                    | Influencia de las plantas       | CALIDAD DEL AIRE                  | La presencia y desarrollo de estas procesan parte de los nutrientes y materia orgánica mediante fotosíntesis, evitando malos olores.                      | IRRELEVANTE                            |

| <b>Código</b> | <b>Actividades del proyecto</b> | <b>Factor ambiental impactado</b> | <b>Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental</b>                               | <b>Categoría del impacto ambiental</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| M2            | Influencia de las plantas       | VEGETACIÓN                        | La proliferación de estas proveerá de nueva vegetación fruto del trasplante de las mismas. | IRRELEVANTE                            |
| M3            | Influencia de las plantas       | PAISAJE                           | Mejora la vista del entorno gracias a las plantas.   | RELEVANTE                              |
| M7            | Influencia de las plantas       | ECONOMIA                          | Al ser estas del tipo ornamental, en un futuro podrían ser origen de un ingreso económico. | RELEVANTE                              |

**Tabla 59.-** Matriz causa efecto de impactos negativos durante la construcción

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI, COMUNIDAD PASO ANCHO |     |                                   |                    |                      |            |                          |
|---|-----|-----------------------------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------------|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS   |     |                                   |                    |                      |            | M001                     |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO  |     | ETAPA:CONSTRUCCION                |                    |                      |            |                          |
|   |     | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO |                    |                      |            |                          |
|   |     | Preleminares                      | Trazo y nivelacion | Movimiento de tierra | Mamposeria | Limpieza y entrega final |
| FACTOR  | COD | F1                                | F2                 | F3                   | F4         | F5                       |
| CALIDAD DEL AIRE  | M1  | X                                 | X                  | X                    | X          |                          |
| RUIDO AMBIENTAL   | M2  |                                   |                    | X                    | X          |                          |
| SUELO   | M3  |                                   |                    | X                    |            |                          |
| VEGETACION  | M4  | X                                 |                    |                      |            |                          |
| PAISAJE   | M5  | X                                 | X                  | X                    | X          |                          |
| HABITAT HUMANO  | M6  |                                   |                    |                      | X          |                          |
| SALUD   | M7  | X                                 |                    | X                    | X          |                          |
| ECONOMIA  | M8  |                                   |                    | X                    | X          |                          |

**Tabla 60.-** Matriz de valorización de impactos negativos durante la construcción

| Matriz de valorización de impactos negativos, generados durante la construcción del proyecto. |                                      |                                   |      |                                |      |          |                                  |         |                                       |         |                                  |         | M002                                |             |   |       |                                |            |   |                        |  |                       |           |             |  |                             |          |        |        |         |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------|------|----------|----------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|----------------------------------|---------|-------------------------------------|-------------|---|-------|--------------------------------|------------|---|------------------------|--|-----------------------|-----------|-------------|--|-----------------------------|----------|--------|--------|---------|-----------|-------------------------|-----------|----------|--------|-------|------|--------|-------|
| I<br>M<br>P<br>A<br>C<br>T<br>O<br>S  | VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS |                                   |      |                                |      |          |                                  |         |                                       |         |                                  |         |                                     |             |   |       |                                |            |   |                        |  |                       |           |             | Importancia [I= (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)] | Valor Máximo de Importancia |          |        |        |         |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|   | (-)                                  | (+)                               | 1    | 2                              | 4    | 8        | 12                               | 1       | 2                                     | 4       | 8                                | #       | 1                                   | 2           | 4                                       | 1     | 2                              | 4          | 1   | 2                      | 4  | 1                     | 4         | 1           |  |                             | 2        | 4      | 1      | 2       | 4         | 8                       | 12        |          |        |       |      |        |       |
|   | Impacto perjudicial                  | Impacto beneficioso               | Baja | Media                          | Alta | Muy alta | Total                            | Puntual | Parcial                               | Extenso | Total                            | Crítica | Largo plazo                         | Medio plazo | Inmediato                               | Fugaz | Temporal                       | Permanente | Recuperable a c. Plazo                      | Recuperable a m. plazo | Irrecuperable  | Simple (sin sinergia) | Sinérgico | Acumulativo |  |                             | Probable | Dudoso | Cierto | Directo | Indirecto | Irregular y discontinuo | Periódico | Continuo | Mínima | Media | Alta | Máxima | Total |
|   | Naturaleza                           | Intensidad (grado de destrucción) |      | Extensión (Area de influencia) |      |          | Momento (Plazo de manifestación) |         | Persistencia (Permanencia del efecto) |         | Reversibilidad (Recuperabilidad) |         | Acumulación (Incremento progresivo) |             | Probabilidad (Certidumbre de aparición) |       | Efecto (Relación Causa-Efecto) |            | Periodicidad (Regularidad de manifestación) |                        | Percepción social (Grado de percepción del impacto por la población) |                       |           |             |  |                             |          |        |        |         |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|   | Signo                                | I                                 |      | Ex                             |      |          | Mo                               |         | Pr                                    |         | Rv                               |         | Ac                                  |             | Pb                                      |       | Ef                             |            | Pr  |                        | PS   |                       |           |             |  |                             | S        | S      |        |         |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M1  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 2           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          |        | 17    | 100  |        |       |
| F1M4  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 2                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 2           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 18    | 100  |        |       |
| F1M5  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 2                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 2           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 19    | 100  |        |       |
| F1M7  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 2                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 2           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 16    | 100  |        |       |
| F2M1  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 2           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 17    | 100  |        |       |
| F2M5  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 2           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 18    | 100  |        |       |
| F3M1  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 19    | 100  |        |       |
| F3M2  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 19    | 100  |        |       |
| F3M3  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 20    | 100  |        |       |
| F3M5  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 20    | 100  |        |       |
| F3M7  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 17    | 100  |        |       |
| F3M8  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 2                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 4                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 20    | 100  |        |       |
| F4M1  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 19    | 100  |        |       |
| F4M2  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 1                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 19    | 100  |        |       |
| F4M5  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 20    | 100  |        |       |
| F4M6  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 2                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 18    | 100  |        |       |
| F4M7  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 1                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 1           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 17    | 100  |        |       |
| F4M8  | (-)                                  |                                   | 1    |                                |      |          | 1                                |         | 4                                     |         | 2                                |         |                                     |             | 4                                       |       |                                | 1          |   |                        |  |                       |           | 4           |  | 1                           |          |        | 1      |         |           |                         |           |          | 1      | 23    | 100  |        |       |

**Tabla 61.-** Matriz de importancia de impactos negativos durante la construcción

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI, COMUNIDAD PASO ANCHO, ETAPA DE CONSTRUCCION |     |                                   |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
|--|-----|-----------------------------------|--------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|--|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS  |     |                                   |                    |                      |             |                          |                        | M001                          |                     |  |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO   |     | M000                              |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
|  |     | ETAPA: CONSTRUCCION               |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
|  |     | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
|  |     | Preliminares                      | Trazo y nivelacion | Movimiento de tierra | Mamposteria | Limpieza y entrega final | Valor de la alteración | Máximo valor de la alteración | Grado de alteración |  |
| FACTOR   | COD | F1                                | F2                 | F3                   | F4          | F5                       |                        |                               |                     |  |
| CALIDAD DEL AIRE   | M1  | 17                                | 17                 | 19                   | 19          |                          | 72                     | 500                           | 14                  |  |
| RUIDO AMBIENTAL  | M2  |                                   |                    | 19                   | 19          |                          | 38                     | 500                           | 8                   |  |
| SUELO  | M3  |                                   |                    | 20                   |             |                          | 20                     | 300                           | 7                   |  |
| VEGETACION   | M4  | 18                                |                    |                      |             |                          | 18                     | 100                           | 18                  |  |
| PAISAJE  | M5  | 19                                | 18                 | 20                   | 20          |                          | 77                     | 400                           | 19                  |  |
| HABITAT HUMANO   | M6  |                                   |                    |                      | 18          |                          | 18                     | 100                           | 18                  |  |
| SALUD  | M7  | 16                                |                    | 17                   | 17          |                          | 50                     | 500                           | 10                  |  |
| ECONOMIA   | M8  |                                   |                    | 20                   | 23          |                          | 43                     | 500                           | 9                   |  |
| Valor Medio de Importancia   |     | 19                                |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| Dispersión Típica  |     | 2                                 |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| Rango de Discriminación  |     | 17                                |                    |                      |             | 20                       |                        |                               |                     |  |
| Valor de la Alteración   |     | 70                                | 35                 | 115                  | 116         | 0                        | 336                    |                               |                     |  |
| Máximo Valor de Alteración   |     | 500                               | 400                | 600                  | 600         | 600                      |                        | 2900                          |                     |  |
| Grado de Alteración  |     | 14                                | 9                  | 19                   | 19          | 0                        |                        |                               | 12                  |  |

En el caso de los negativos

- \* Valor por encima del rango  IMPACTOS CRITICOS
- \* Valor dentro del rango  IMPACTOS MODERADOS
- \* Valor por debajo del rango  IMPACTOS IRRELEVANT

**Tabla 62.-** Matriz causa efecto de impactos negativos durante el funcionamiento

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI,<br>COMUNIDAD PASO ANCHO |     |                                      |                                    |                              |                              |
|--|-----|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS  |     |                                      |                                    |                              | M001                         |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL<br>PROYECTO  |     | ETAPA: OPERACIÓN                     |                                    |                              |                              |
|  |     | ACCIONES IMPACTANTES<br>DEL PROYECTO |                                    |                              |                              |
|  |     | Tratamiento de las<br>aguas grises   | Disposicion de<br>desechos solidos | Mantenimiento del<br>sistema | Influencia de las<br>plantas |
| FACTOR   | COD | F1                                   | F2                                 | F3                           | F4                           |
| CALIDAD DEL AIRE   | M1  | X                                    | X                                  | X                            | X                            |
| SUELO  | M2  | X                                    | X                                  |                              |                              |
| VEGETACION   | M3  | X                                    | X                                  |                              |                              |
| HABITAT HUMANO   | M4  | X                                    | X                                  |                              |                              |
| SALUD  | M5  | X                                    | X                                  |                              |                              |
| CALIDAD DE VIDA  | M6  | X                                    | X                                  |                              |                              |

**Tabla 63.-** Matriz de valorización de impactos negativos durante el funcionamiento

| Matriz de valorización de impactos negativos, generados durante el funcionamiento del proyecto. |                                      |                                   |                                |       |      |          |       |                                  |                                       |                                  |       |         |                                     |   |                                |   |  |            |                        |  |               |                       |           |             |          |        |        | M002    |           |                             |           |          |        |       |      |        |       |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------|------|----------|-------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------|---------|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|------------|------------------------|--|---------------|-----------------------|-----------|-------------|----------|--------|--------|---------|-----------|-----------------------------|-----------|----------|--------|-------|------|--------|-------|
| I<br>M<br>P<br>A<br>C<br>T<br>O<br>S  | VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS |                                   |                                |       |      |          |       |                                  |                                       |                                  |       |         |                                     |   |                                |   |  |            |                        |  |               |                       |           |             |          |        |        |         |           |                             |           |          |        |       |      |        |       |
|   | (-)                                  | (+)                               | 1                              | 2     | 4    | 8        | 12    | 1                                | 2                                     | 4                                | 8     | #       | 1                                   | 2                                       | 4                              | 1   | 2  | 4          | 1                      | 2  | 4             | 1                     | 2         | 4           | 1        | 2      | 4      | 1       | 2         | 4                           | 8         | 12       |        |       |      |        |       |
|   | Impacto perjudicial                  | Impacto beneficioso               | Baja                           | Media | Alta | Muy alta | Total | Puntual                          | Parcial                               | Extenso                          | Total | Crítica | Largo plazo                         | Medio plazo                             | Inmediato                      | Fugaz                                       | Temporal   | Permanente | Recuperable a c. Plazo | Recuperable a m. plazo   | Irrecuperable | Simple (sin sinergia) | Sinérgico | Acumulativo | Probable | Dudoso | Cierto | Directo | Indirecto | Irregular y discontinuo     | Periódico | Continuo | Mínima | Media | Alta | Máxima | Total |
|   | Naturaleza                           | Intensidad (grado de destrucción) | Extensión (Área de influencia) |       |      |          |       | Momento (Plazo de manifestación) | Persistencia (Permanencia del efecto) | Reversibilidad (Recuperabilidad) |       |         | Acumulación (Incremento progresivo) | Probabilidad (Certidumbre de aparición) | Efecto (Relación Causa-Efecto) | Periodicidad (Regularidad de manifestación) | Percepción social (Grado de percepción del impacto por la población) |            |                        | Importancia $[I = -(3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]$ |               |                       |           |             |          |        |        |         |           | Valor Máximo de Importancia |           |          |        |       |      |        |       |
|   | Signo                                | I                                 | Ex                             |       |      |          |       | Mo                               | Pr                                    | Rv                               |       |         | Ac                                  | Pb                                      | Ef                             | Pr  | PS   |            |                        | S  | S             |                       |           |             |          |        |        |         |           |                             |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M1  | (-)                                  | 1                                 | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1     | 4       | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4          | 1                      | 4  | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4       | 1         | 4                           | 1         | 4        | 1      | 4     | 17   | 100    |       |
| F1M2  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 22    | 100  |        |       |
| F1M3  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 22    | 100  |        |       |
| F1M4  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 22    | 100  |        |       |
| F1M5  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 22    | 100  |        |       |
| F1M6  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 22    | 100  |        |       |
| F2M1  | (-)                                  | 1                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 20    | 100  |        |       |
| F2M2  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 23    | 100  |        |       |
| F2M3  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 23    | 100  |        |       |
| F2M4  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 23    | 100  |        |       |
| F2M5  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 21    | 100  |        |       |
| F2M6  | (-)                                  | 2                                 | 1                              | 4     | 1    | 1        | 4     | 1                                | 4                                     | 1                                | 4     | 1       | 4                                   | 1                                       | 4                              | 1   | 4  | 1          | 4                      | 1  | 4             | 1                     | 4         | 1           | 4        | 1      | 4      | 1       | 4         | 1                           | 4         | 1        | 4      | 21    | 100  |        |       |
| F3M1  | (-)                                  | 1                                 | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 2                                     | 2                                | 1     | 4       | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4          | 1                      | 4  | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4       | 1         | 4                           | 1         | 4        | 22     | 100   |      |        |       |
| F4M1  | (-)                                  | 1                                 | 1                              | 2     | 2    | 2        | 1     | 2                                | 2                                     | 1                                | 2     | 1       | 2                                   | 1                                       | 2                              | 1   | 2  | 1          | 2                      | 1  | 2             | 1                     | 2         | 1           | 2        | 1      | 2      | 1       | 2         | 1                           | 2         | 1        | 2      | 20    | 100  |        |       |

**Tabla 64.-** Matriz de importancia de impactos negativos durante el funcionamiento

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI, COMUNIDAD PASO ANCHO, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO |     |                                   |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |
|--|-----|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS  |     |                                   |                                 |                           |                           |                        | M003                          |                     |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO   |     | M000                              |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |
|  |     | ETAPA: FUNCIONAMIENTO             |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |
|  |     | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |
|  |     | Tratamiento de las aguas grises   | Disposicion de desechos solidos | Mantenimiento del sistema | Influencia de las plantas | Valor de la alteración | Máximo valor de la alteración | Grado de alteración |
| FACTOR   | COD | F1                                | F2                              | F3                        | F4                        |                        |                               |                     |
| CALIDAD DEL AIRE   | M1  | 17                                | 20                              | 22                        | 20                        | 79                     | 400                           | 20                  |
| SUELO  | M2  | 22                                | 23                              |                           |                           | 45                     | 200                           | 23                  |
| VEGETACION   | M3  | 22                                | 23                              |                           |                           | 45                     | 200                           | 23                  |
| HABITAT HUMANO   | M4  | 22                                | 23                              |                           |                           | 45                     | 200                           | 23                  |
| SALUD  | M5  | 22                                | 21                              |                           |                           | 43                     | 200                           | 22                  |
| CALIDAD DE VIDA  | M6  | 22                                | 21                              |                           |                           | 43                     | 200                           | 22                  |
| Valor Medio de Importancia   |     | 21                                |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |
| Dispersión Típica  |     | 2                                 |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |
| Rango de Discriminación  |     | 20                                |                                 |                           | 23                        |                        |                               |                     |
| Valor de la Alteración   |     | 127                               | 131                             | 22                        | 20                        | 300                    |                               |                     |
| Máximo Valor de Alteración   |     | 600                               | 600                             | 100                       | 100                       |                        | 1400                          |                     |
| Grado de Alteración  |     | 21                                | 22                              | 22                        | 20                        |                        |                               | 21                  |

En el caso de los negativos

- \* Valor por encima del rango  IMPACTOS CRITICOS
- \* Valor dentro del rango  IMPACTOS MODERADOS
- \* Valor por debajo del rango  IMPACTOS IRRELEVANTES

**Tabla 65.-** Matriz causa efecto de impactos positivos durante la construcción

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI, COMUNIDAD PASO ANCHO |     |                                   |                    |                      |             |                          |
|---|-----|-----------------------------------|--------------------|----------------------|-------------|--------------------------|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS   |     |                                   |                    |                      |             | M001                     |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO  |     | ETAPA: CONSTRUCCION               |                    |                      |             |                          |
|   |     | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO |                    |                      |             |                          |
|   |     | Preleminares                      | Trazo y nivelacion | Movimiento de tierra | Mamposteria | Limpieza y entrega final |
| FACTOR  | COD | F1                                | F2                 | F3                   | F4          | F5                       |
| CALIDAD DEL AIRE  | M1  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| VEGETACION  | M2  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| PAISAJE   | M3  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| ALCANTARILLADO  | M4  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| HABITAT HUMANO  | M5  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| SALUD   | M6  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| CALIDAD DE VIDA   | M7  |                                   |                    |                      |             | X                        |
| ECONOMIA  | M8  |                                   |                    |                      |             |                          |

**Tabla 66.-** Matriz de valorización de impactos positivos durante la construcción

| Matriz de valorización de impactos positivos, generados durante la construcción del proyecto. |                                      |                                 |                                |       |      |          |       |                                  |                                       |                                  |                                     |   |                                |   |  |   |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        | M002                        |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|------|----------|-------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|---|----------|------------|------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|-----------|-------------|----------|--------|--------|-----------------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------|--------|-------|------|--------|-------|
| I<br>M<br>P<br>A<br>C<br>T<br>O<br>S  | VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS |                                 |                                |       |      |          |       |                                  |                                       |                                  |                                     |   |                                |   |  |   |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|   | (-)                                  | (+)                             | 1                              | 2     | 4    | 8        | 12    | 1                                | 2                                     | 4                                | 8                                   | 12                                      | 1                              | 2   | 4  | 1   | 2        | 4          | 1                      | 2                      | 4             | 1                     | 2         | 4           | 1        | 2      | 4      | 1                           | 2         | 4                       | 8         | 12       |        |       |      |        |       |
|   | Impacto perjudicial                  | Impacto beneficioso             | Baja                           | Media | Alta | Muy alta | Total | Puntual                          | Parcial                               | Extenso                          | Total                               | Crítica                                 | Largo plazo                    | Medio plazo                                 | Inmediato  | Fugaz   | Temporal | Permanente | Recuperable a c. Plazo | Recuperable a m. plazo | Irrecuperable | Simple (sin sinergia) | Sinérgico | Acumulativo | Probable | Dudoso | Cierto | Directo                     | Indirecto | Irregular y discontinuo | Periódico | Continuo | Mínima | Media | Alta | Máxima | Total |
|   | Naturaleza                           | Intensidad (grado de beneficio) | Extensión (Area de influencia) |       |      |          |       | Momento (Plazo de manifestación) | Persistencia (Permanencia del efecto) | Reversibilidad (Recuperabilidad) | Acumulación (Incremento progresivo) | Probabilidad (Certidumbre de aparición) | Efecto (Relación Causa-Efecto) | Periodicidad (Regularidad de manifestación) | Percepción social (Grado de percepción del impacto por la población) | Importancia $[I = - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]$ |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        | Valor Máximo de Importancia |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|   | Signo                                | I                               | Ex                             |       |      |          |       | Mo                               | Pr                                    | Rv                               | Ac                                  | Pb                                      | Ef                             | Pr  | PS   | S   | S        |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F5M1  | (+)                                  | 2                               | 1                              | 2     | 1    | 1        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 2                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 1         | 4                       | 2         | 21       | 100    |       |      |        |       |
| F5M2  | (+)                                  | 2                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 1         | 4                       | 4         | 27       | 100    |       |      |        |       |
| F5M3  | (+)                                  | 2                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 2         | 2                       | 26        | 100      |        |       |      |        |       |
| F5M4  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 4     | 4    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 4         | 8                       | 42        | 100      |        |       |      |        |       |
| F5M5  | (+)                                  | 4                               | 2                              | 4     | 4    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 4         | 4                       | 40        | 100      |        |       |      |        |       |
| F5M6  | (+)                                  | 4                               | 2                              | 4     | 4    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 4         | 4                       | 40        | 100      |        |       |      |        |       |
| F5M7  | (+)                                  | 4                               | 2                              | 4     | 4    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 1                              | 4   | 1  | 4   | 1        | 4          | 1                      | 4                      | 1             | 4                     | 1         | 4           | 1        | 4      | 1      | 4                           | 4         | 4                       | 40        | 100      |        |       |      |        |       |

**Tabla 67.-** Matriz de importancia de impactos positivos durante la construcción

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI, COMUNIDAD PASO ANCHO, ETAPA DE CONSTRUCCION |     |              |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
|--|-----|--------------|--------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|--|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS  |     |              |                    |                      |             |                          |                        | M003                          |                     |  |
| M000   |     |              |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| ETAPA: CONSTRUCCION  |     |              |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO  |     |              |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO   |     | Preliminares | Trazo y nivelacion | Movimiento de tierra | Mamposteria | Limpieza y entrega final | Valor de la alteración | Máximo valor de la alteración | Grado de alteración |  |
|  |     | F1           | F2                 | F3                   | F4          | F5                       |                        |                               |                     |  |
| FACTOR   | COD |              |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| CALIDAD DEL AIRE   | M1  |              |                    |                      |             | 21                       | 21                     | 100                           | 21                  |  |
| VEGETACION   | M2  |              |                    |                      |             | 27                       | 27                     | 100                           | 27                  |  |
| PAISAJE  | M3  |              |                    |                      |             | 26                       | 26                     | 100                           | 26                  |  |
| ALCANTARILLADO   | M4  |              |                    |                      |             | 42                       | 42                     | 100                           | 42                  |  |
| HABITAT HUMANO   | M5  |              |                    |                      |             | 40                       | 40                     | 100                           | 40                  |  |
| SALUD  | M6  |              |                    |                      |             | 40                       | 40                     | 100                           | 40                  |  |
| CALIDAD DE VIDA  | M7  |              |                    |                      |             | 40                       | 40                     | 100                           | 40                  |  |
| Valor Medio de Importancia   |     | 34           |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| Dispersión Típica  |     | 9            |                    |                      |             |                          |                        |                               |                     |  |
| Rango de Discriminación  |     | 25           |                    |                      |             | 42                       |                        |                               |                     |  |
| Valor de la Alteración   |     | 0            | 0                  | 0                    | 0           | 236                      | 236                    |                               |                     |  |
| Máximo Valor de Alteración   |     | 100          | 100                | 100                  | 100         | 10000                    |                        | 700                           |                     |  |
| Grado de Alteración  |     | 0            | 0                  | 0                    | 0           | 2                        |                        |                               | 34                  |  |

En el caso de los positivos

- \* Valor por encima del rango  IMPACTOS RELEVANTES
- \* Valor dentro del rango  IMPACTOS MODERADOS
- \* Valor por debajo del rango  IMPACTOS IRRELEVANTES

**Tabla 68.-** Matriz causa efecto de impactos positivos durante el funcionamiento

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI,<br>COMUNIDAD PASO ANCHO |     |                                      |                            |                              |                              |
|--|-----|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS  |     |                                      |                            |                              | M001                         |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL<br>PROYECTO  |     | ETAPA:FUNCIONAMIENTO                 |                            |                              |                              |
|  |     | ACCIONES IMPACTANTES<br>DEL PROYECTO |                            |                              |                              |
|  |     | Tratamiento de las<br>aguas grises   | Desperdicio de<br>residuos | Mantenimiento del<br>sistema | Influencia de las<br>plantas |
| FACTOR   | COD | F1                                   | F2                         | F3                           | F4                           |
| CALIDAD DEL AIRE   | M1  |                                      |                            |                              | X                            |
| VEGETACION   | M2  | x                                    |                            |                              | x                            |
| PAISAJE  | M3  |                                      |                            |                              | x                            |
| HABITAT HUMANO   | M4  | x                                    |                            |                              |                              |
| SALUD  | M5  | x                                    |                            |                              |                              |
| CALIDAD DE VIDA  | M6  | x                                    |                            |                              |                              |
| ECONOMIA   | M7  | x                                    |                            |                              | x                            |

**Tabla 69.-** Matriz de valorización de impactos positivos durante el funcionamiento

| Matriz de valorización de impactos positivos, generados durante el funcionamiento del proyecto. |                                      |                                 |                                |       |      |          |       |                                  |                                       |                                  |                                     |   |                                |   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        | M002                        |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|------|----------|-------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|--|----------|------------|------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|-----------|-------------|----------|--------|--------|-----------------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------|--------|-------|------|--------|-------|
| I<br>M<br>P<br>A<br>C<br>T<br>O<br>S  | VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS |                                 |                                |       |      |          |       |                                  |                                       |                                  |                                     |   |                                |   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|   | (-)                                  | (+)                             | 1                              | 2     | 4    | 8        | 12    | 1                                | 2                                     | 4                                | 8                                   | #                                       | 1                              | 2   | 4  | 1  | 2        | 4          | 1                      | 2                      | 4             | 1                     | 2         | 4           | 1        | 4      | 1      | 2                           | 4         | 1                       | 2         | 4        | 8      | 12    |      |        |       |
|   | Impacto perjudicial                  | Impacto beneficioso             | Baja                           | Media | Alta | Muy alta | Total | Puntual                          | Parcial                               | Extenso                          | Total                               | Crítica                                 | Largo plazo                    | Medio plazo                                 | Inmediato  | Fugaz  | Temporal | Permanente | Recuperable a c. Plazo | Recuperable a m. plazo | Irrecuperable | Simple (sin sinergia) | Sinérgico | Acumulativo | Probable | Dudoso | Cierto | Directo                     | Indirecto | Irregular y discontinuo | Periódico | Continuo | Mínima | Media | Alta | Máxima | Total |
|   | Naturaleza                           | Intensidad (grado de beneficio) | Extensión (Area de influencia) |       |      |          |       | Momento (Plazo de manifestación) | Persistencia (Permanencia del efecto) | Reversibilidad (Recuperabilidad) | Acumulación (Incremento progresivo) | Probabilidad (Certidumbre de aparición) | Efecto (Relación Causa-Efecto) | Periodicidad (Regularidad de manifestación) | Percepción Social (Grado de percepción del impacto por la población) | Importancia $I = -(3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)$ |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        | Valor Máximo de Importancia |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
|   | Signo                                | I                               | Ex                             |       |      |          |       | Mo                               | Pr                                    | Rv                               | Ac                                  | Pb                                      | Ef                             | Pr  | PS   | S  | S        |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M2  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 2     | 2    | 2        | 4     | 4                                | 1                                     | 2                                | 2                                   | 2                                       | 33                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M4  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 2                                | 1                                   | 2                                       | 31                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M5  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 2                                | 1                                   | 2                                       | 31                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M6  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 2                                | 1                                   | 2                                       | 31                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F1M7  | (+)                                  | 2                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 4     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 31                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F4M1  | (+)                                  | 2                               | 1                              | 2     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 4                                | 1                                   | 4                                       | 26                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F4M2  | (+)                                  | 2                               | 1                              | 2     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 1                                | 1                                   | 2                                       | 23                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F4M3  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 4     | 2    | 4        | 1     | 4                                | 1                                     | 1                                | 1                                   | 2                                       | 33                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |
| F4M7  | (+)                                  | 4                               | 1                              | 4     | 2    | 2        | 1     | 4                                | 1                                     | 1                                | 1                                   | 2                                       | 31                             | 100   |  |  |          |            |                        |                        |               |                       |           |             |          |        |        |                             |           |                         |           |          |        |       |      |        |       |

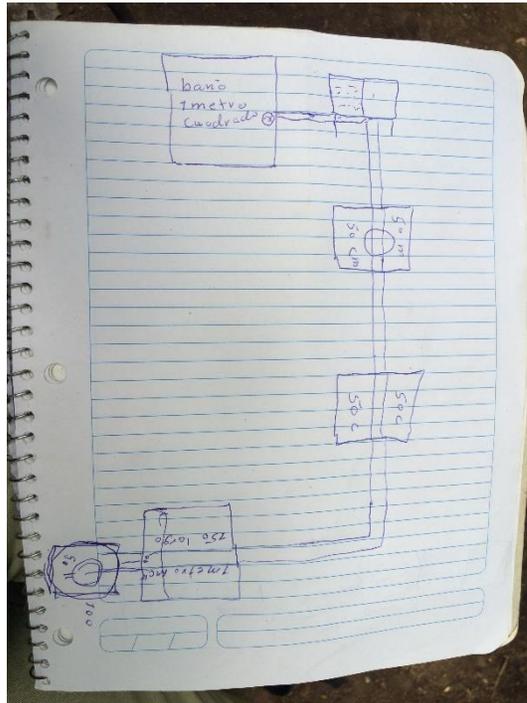
**Tabla 70.-** Matriz de importancia de impactos positivos durante el funcionamiento

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO EN LA CIUDAD DE ESTELI, COMUNIDAD PASO ANCHO, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO |     |                                   |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |  |
|--|-----|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|--|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS  |     |                                   |                                 |                           |                           |                        | M003                          |                     |  |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO   |     | M000                              |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |  |
|  |     | ETAPA: FUNCIONAMIENTO             |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |  |
|  |     | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |  |
|  |     | Tratamiento de las aguas grises   | Disposicion de desechos solidos | Mantenimiento del sistema | Influencia de las plantas | Valor de la alteración | Máximo valor de la alteración | Grado de alteración |  |
| FACTOR   | COD | F1                                | F2                              | F3                        | F4                        |                        |                               |                     |  |
| CALIDAD DEL AIRE   | M1  |                                   |                                 |                           | 26                        | 26                     | 100                           | 26                  |  |
| VEGETACION   | M2  | 33                                |                                 |                           | 23                        | 56                     | 200                           | 28                  |  |
| PAISAJE  | M3  |                                   |                                 |                           | 33                        | 33                     | 100                           | 33                  |  |
| HABITAT HUMANO   | M4  | 31                                |                                 |                           |                           | 31                     | 100                           | 31                  |  |
| SALUD  | M5  | 31                                |                                 |                           |                           | 31                     | 100                           | 31                  |  |
| CALIDAD DE VIDA  | M6  | 31                                |                                 |                           |                           | 31                     | 100                           | 31                  |  |
| ECONOMIA   | M7  | 31                                |                                 |                           | 31                        | 62                     | 200                           | 31                  |  |
| Valor Medio de Importancia   |     | 30                                |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |  |
| Dispersión Típica  |     | 3                                 |                                 |                           |                           |                        |                               |                     |  |
| Rango de Discriminación  |     | 27                                |                                 |                           | 33                        |                        |                               |                     |  |
| Valor de la Alteración   |     | 157                               | 0                               | 0                         | 113                       | 270                    |                               |                     |  |
| Máximo Valor de Alteración   |     | 400                               | 400                             | 0                         | 700                       |                        | 900                           |                     |  |
| Grado de Alteración  |     | 39                                | 0                               |                           | 16                        |                        |                               | 30                  |  |

En el caso de los positivos

- \* Valor por encima del rango  IMPACTOS RELEVANTES
- \* Valor dentro del rango  IMPACTOS MODERADOS
- \* Valor por debajo del rango  IMPACTOS IRRELEVANTES

**Ilustración 53.-** Uno de los beneficiarios de este proyecto, momento en el cual demuestra interés tomando nota en las visitas y capacitaciones acerca de cómo funciona el sistema



## Encuesta socioeconómica

### A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Encuestador (a): \_\_\_\_\_

Fecha de Entrevista: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Persona entrevistada (jefe del hogar): Padre ( ) Madre ( ) Otro: \_\_\_\_\_

### B. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

1. Personas que habitan en la vivienda: \_\_\_\_\_

2. Familias que viven en la vivienda: \_\_\_\_\_

3. Miembros de su familia: \_\_\_\_\_

4. Número de personas por rango de edad:

| Rango   | F | M | Escolaridad |
|---------|---|---|-------------|
| <1      |   |   |             |
| 1 – 12  |   |   |             |
| 13 – 19 |   |   |             |
| 20 – 35 |   |   |             |
| 36 – 60 |   |   |             |
| >60     |   |   |             |

5. Personas que trabajan en su familia: \_\_\_\_\_



Teléfono                      Si ( )      No ( )

! 5. Apreciaciones del entrevistador

.

La vivienda pertenece al nivel económico:

Alto ( )                  Medio ( )                  Bajo ( )

#### **D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA**

1.            ¿Dispone de un sistema de agua potable?

Si ( )      No ( )              Otro (especifique): \_\_\_\_\_

2.            ¿Cuántos días a la semana dispone del servicio de agua? \_\_\_\_\_

3.            ¿Cuántas horas por día dispone de agua? \_\_\_\_\_      Horario desde: \_\_\_\_\_ hasta las: \_\_\_\_\_

#### **E. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO**

1.    ¿Considera importante un sistema de tratamiento para aguas grises?

Si ( )                  No ( ), ¿Por qué?: \_\_\_\_\_

2.    ¿Ha escuchado acerca de algún sistema de tratamiento de aguas grises?

Si ( )      No ( )

3.    ¿Conoce usted el sistema de Humedal?

Si ( )      No ( )

4.    ¿Estaría usted dispuesto a construir un Humedal en su casa para el tratamiento de las aguas grises?

Si ( )      No ( )

## **Anexo D**

Manual para la construcción y mantenimiento de humedales artificiales