

## Eficiencia de una unidad básica de saneamiento (UBS) – HBC, Nueva Requena, Ucayali

### Efficiency of a basic sanitation unit (BSU) - HBC, Nueva Requena, Ucayali

Trejo Rojas, Jhon Maykol<sup>1</sup> y Rojas Gutiérrez, Gladys Elena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú. E-mail: jhontrejerojas@gmail.com; gladysforestal@hotmail.com

#### Resumen

El estudio se realizó en el Centro Poblado Nuevo Paraíso, distrito de Nueva Requena, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali – Perú, para evaluar la eficiencia de una Unidad Básica de Saneamiento (UBS), con la tecnología HBC (Hanging Bio Contactor), la cual es un medio de contacto entre las bacterias y las aguas negras, con la finalidad de reducir la contaminación causada por efecto de las descargas de las aguas residuales domésticas, que son vertidos directamente al cuerpo receptor agua y/o suelo. Se evaluó la calidad de las aguas residuales mediante el muestreo y análisis en dos puntos del sistema, denominada como afluente (entrada) y efluente (salida), colectándose 10 muestras de ambos puntos durante los meses de marzo a junio del año 2018. Los resultados indicaron que los valores promedios en cada uno de los parámetros en el afluente y efluente respectivamente fueron de 6,88 – 7,11 (pH); 26,46 – 26,3°C (Temperatura); 231,00 – 89,50 mg/L (DBO<sub>5</sub>); 289,20 – 127,00 mg/L (DQO); 25,08 – 7,04 mg/L (SST) y 649,253.80 – 9899.90 NMP/100ml (CTT). La eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales fue de 71,93% (Sólidos Suspendidos Totales); 61,25 % (DBO<sub>5</sub>); 56,08% (DQO); 98,47% (Coliformes Termotolerantes); pH y Temperatura se encontraron dentro del rango de los LMP. Se concluye que estos parámetros en promedio cumplen con la normativa ambiental de Límites Máximos Permisibles para efluentes según D.S. N° 003 – 2010 – MINAM, esto demuestra la eficiencia de la Unidad Básica de Saneamiento en la remoción de los contaminantes.

**Palabras clave:** Aguas residuales; parámetros; remoción; Límites Máximos Permisibles (LMP).

#### Abstract

The study was conducted in the Nuevo Paraíso town center, district of Nueva Requena, Ucayali Region - Perú. The objective was to evaluate the efficiency of a Basic Sanitation Unit (UBS), with the HBC technology (Hanging Bio Contactor), which is a means of contact between bacteria and the raw sewage, in order to reduce pollution caused by the effect of the discharges of domestic wastewater, which are discharged directly into the receiving body water and/or soil. The quality of the wastewater was evaluated by sampling and analysis in two points of the system, denominated as tributary (input) and effluent (exit). Ten samples of both points were collected during the months of March to June of the year 2018 and 6 parameters were analyzed. The results indicated that the average values of the parameters investigated in the effluent and effluent respectively were 6.88 - 7.11 (pH); 26.46 - 26.3 ° C (Temperature); 231.00 - 89.50 mg / L (BOD<sub>5</sub>); 289.20 - 127.00 mg / L (COD); 25.08 - 7.04 mg / L (SST) and 649.253.80 - 9899.90 NMP / 100ml (CTT). The efficiency in the treatment of wastewater was 71.93% (Total Suspended Solids); 61.25% (BOD<sub>5</sub>); 56.08% (COD); 98.47% (Thermotolerant Coliforms); pH and Temperature were within the range of the LMP. It is concluded that these parameters on average comply with the environmental regulations of Maximum Permissible Limits for effluents according to D.S. N ° 003 - 2010 – MINAM, which demonstrates the efficiency of the Basic Sanitation Unit in the removal of contaminants.

**Keywords:** Wastewater; parameters; removal; Maximum Permissible Limits (MPL).

## Introducción

El tratamiento de las aguas residuales es una necesidad y obligación de la sociedad de hoy, para proteger el ambiente y garantizar el bienestar humano; para esto se ha recurrido a sistemas de tratamiento que implican grandes inversiones económicas. En Guatemala el problema de la falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas es mayor en el área rural que en las zonas urbanas, aunque en ambos casos es un tema que se ha venido discutiendo por la falta de conciencia ecológica en general.

Todo esto se traduce en impactos ambientales que incluyen la pérdida de calidad del agua, alta morbilidad por enfermedades de origen hídrico y degradación de los ecosistemas. Tomando en cuenta que en las ciudades hay muchos desechos que aún no están siendo tratados, o bien se encuentran con sistemas de tratamiento colapsados, mal operados o mal diseñados, lo cual ha contaminado de manera creciente y rápida los cuerpos de agua aledaños a las grandes poblaciones, que en algunos casos sirven de abastecimiento a las mismas (Hernández, 2014)

Los investigadores Acurio y Arciniegas (2015) manifiestan que el agua es uno de los recursos más importantes y de mayor valor para la humanidad; constituyendo así uno de los elementos más importantes para el desarrollo de la vida en la tierra, es por esto que día a día se buscan mecanismos que ayuden a mantener, cuidar y preservar este recurso. Las diferentes

actividades que el ser humano realiza con el agua, la ponen como una de las principales fuentes de materia prima para su supervivencia. El agua es requerida casi en la totalidad de las actividades que realiza el ser humano, sin embargo este recurso en la mayoría de ocasiones no recibe un tratamiento adecuado después de su uso.

Una forma eficiente de controlar una gran parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales domésticas es por medio de un tratamiento efectivo que ayude a minimizar la contaminación de los cuerpos receptores de estas aguas, su ecosistema, disminuir las afectaciones negativas a las poblaciones que se encuentran en el área de influencia (Valencia, 2013).

En un estudio realizado por Hansol (2009), comparó el método HBC (Método de aireación de contacto microbiano suspendido) con el Proceso de lodos activados nivel estándar, deduciendo que, los principales contaminantes de las aguas residuales municipales y de las aguas residuales industriales son la materia orgánica, y que este es un método biológico que utiliza principalmente microorganismos.

Este método es anaeróbico y utiliza un método de tratamiento biológico HBC, método de uso de la torta de anillo de contacto que sirve en la digestión anaerobia, al mismo tiempo, un anillo especial (Ring) en contacto con el medio. Es un método de tratamiento avanzado que utiliza la

simbiosis microbiana y el fenómeno de la cadena alimenticia.

Centrando la investigación en estas poblaciones vulnerables el Grupo Empresarial Hanilest ha adecuado y desarrollado la Unidad Básica de Saneamiento (UBS) para poder tratar adecuadamente las aguas residuales de manera económica y que no genere problemas de salud a la unidad familiar. La Unidad Básica de Saneamiento es completa, pues contempla tanto el Tratamiento Primario, el Secundario (digestión biológica HBC) y posee un Tratamiento Terciario para eliminar totalmente los patógenos del agua. De esta manera el agua tratada puede ser vertida sin que esto represente

un problema para las personas y el Medio Ambiente (Grupo HBC, 2017).

Es por ello que se ha elaborado el proyecto con la finalidad de evaluar la eficiencia de la UBS (Unidad Básica de Saneamiento) – HBC, Planta unifamiliar, mediante muestreos y análisis de las aguas residuales domésticas, para así asegurar un adecuado manejo y tratamiento del recurso hídrico después de su uso en las actividades diarias; por lo tanto desde el punto de vista práctico serán las familias las más beneficiadas con los resultados de esta investigación.

### Metodología

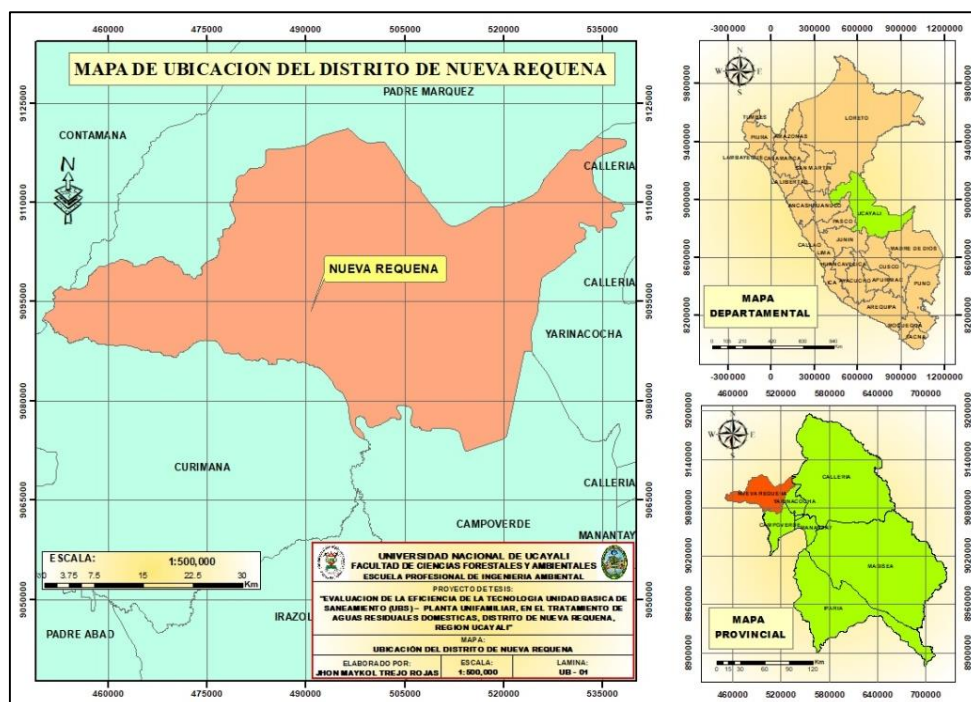


Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto.

El estudio se desarrolló en la vivienda instalada con la Unidad Básica de Saneamiento – HBC,

ubicado en el Centro Poblado Nuevo Paraíso, Km. 13 de la carretera a Nueva Requena,

provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, a una altitud de 138 m.s.n.m., clasificado por la Municipalidad Distrital de Nueva Requena (2016) como zona cálido húmedo-lluvioso con precipitaciones pluviales durante 7 meses del año, la precipitación media anual oscila entre 2,000 y 3,500 mm<sup>3</sup>. La temperatura media anual se sitúa aproximadamente en 22,31°C; con una máxima de 30°C y una mínima de 19,5°C.

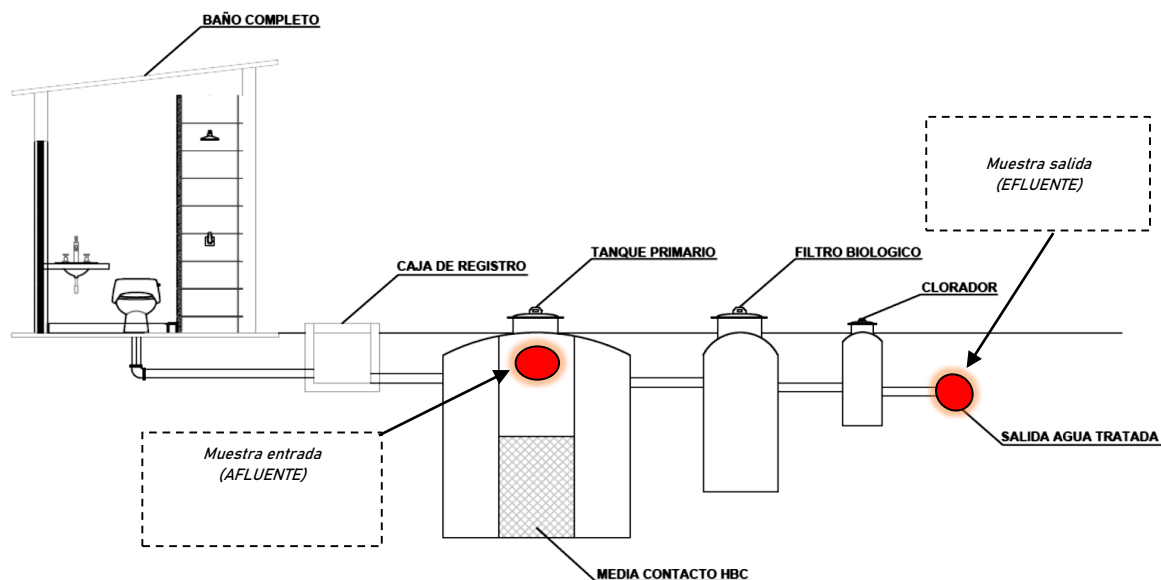
La metodología de investigación fue descriptiva, puesto que se evaluaron, analizando independientemente los parámetros (pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Coliformes Termotolerantes) y se describieron los resultados, estos mismos fueron sometidos al

diseño estadístico Prueba T de student para muestras relacionadas, la cual se utilizaron para comparar las medias de dos grupos (afluente y efluente) antes y después de un tratamiento.

La Población fue el volumen de las aguas residuales domésticas (m<sup>3</sup> o Litro) tomadas semanalmente de una Unidad Básica de Saneamiento – HBC.

La muestra para el tratamiento fue de 20 litros de aguas residuales tomadas, 10 litros del afluente y 10 del efluente de la Planta Unidad Básica de Saneamiento, con frecuencia de 2 litros por semana, 1 litro del afluente (Entrada o agua cruda) y 1 litro en el efluente (Salida o agua tratada).

### *Fase de campo*



**Figura 2.** Puntos de muestreo de la Planta unifamiliar

*Selección de los puntos de muestreo:* Los puntos de muestreo estuvieron ubicados en la entrada y salida de la Unidad Básica de Saneamiento, la muestra de entrada estuvo ubicado en el tanque primario, puesto que es el área donde se concentra la mayor carga de contaminantes y la muestra de salida estuvo ubicado en la descarga final, después del proceso de tratamiento.



**Figura 3.** Muestra de agua del afluente (entrada) de la Unidad Básica de Saneamiento.

Para la toma de muestra se utilizó el *protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales*, establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Se hizo uso de equipos de protección personal y de todos los instrumentos de muestreo y pruebas in situ para la práctica en campo, además se utilizaron la caja térmica (cooler) con su respectivo refrigerante la cual se mantuvo a las muestras a una temperatura de 4 °C aproximadamente, para su traslado al laboratorio.

En botellas de vidrio se tomaron 1 litro de muestra del afluente y efluente respectivamente por 10 semanas, por ende deducimos que la población fue el volumen de las aguas residuales domesticas ( $m^3$  o litro) y la muestra para el tratamiento fue de 20 litros de aguas residuales tomada de una Unidad Básica de Saneamiento.



**Figura 4.** Muestra de agua del efluente (salida) de la Unidad Básica de Saneamiento



**Figura 5.** Análisis in situ de la muestra de agua residual

Se realizó la evaluación de parámetros físicos in situ con el uso del equipo Multiparámetro de marca HANNA, modelo HI 9813-6 y debidamente calibrado, se analizaron in situ los parámetros físicos de las muestras de agua del afluente y efluente de la Planta de tratamiento, entre ellos el pH y Temperatura.

### *Fase de laboratorio*

Las características químicas y microbiológicas de las aguas residuales fueron determinadas en el laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la

Universidad Nacional de Ucayali. El método utilizado para el análisis del agua residual fue el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WEF 22nd Edition, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1**  
*Método de análisis de los parámetros*

Parámetros	Método
Demanda Química de Oxígeno	SMWW – 5220 Chemical Oxygen Demand (Cod) – D. Closed Reflux, Colorimetric Method.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMWW – 5210 Biochemical Oxygen Demand (Bod) – D. 5 – Day Bod Test.
Sólidos Suspendidos Totales	SMWW – 2530 – Floatables – B – Particulate Floatables.
Coliformes Termotolerantes	SMWW – 9221 MULTIPLE – Tube Fermentation Technique For Members Of The Coliform Group – E. Fecal Coliform Procedure.

*Fuente:* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

**Procedimiento y análisis de datos:** Se procesó la base de datos en Excel, mediante gráficos de barras y líneas, para verificar si los resultados de los análisis Físicos, químicos y microbiológicos antes y después del tratamiento no superan los Límites Máximos Permisibles vigente en la Legislación peruana, D.S. N° 003 – 2010 MINAM. Así mismo, se utilizó el software SPSS Statistics 22 para realizar mediante el procedimiento estadístico Prueba T student para muestras relacionadas, la comparación de 2 medidas en un mismo grupo, una medida antes y después de un tratamiento, comparando variables numéricas en el mismo grupo pero en dos momentos distintos. Los datos de la variable numérica de los parámetros analizados provienen de una distribución normal, la prueba de normalidad utilizada fue **Chapiro Wilk**, para muestras pequeñas menores a 30 individuos o muestras, con un nivel de confianza del 95%, por

lo tanto el nivel de error estimado o P-Valor del 5%.

**Eficiencia del tratamiento en la remoción de contaminantes con la UBS – HBC:** La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

Donde:

*E:* Eficiencia de remoción del sistema [%]  
*S:* Carga contaminante de salida [DQO, DBO<sub>5</sub>, SST o CCT]  
*S<sub>0</sub>:* Carga contaminante de entrada [DQO, DBO<sub>5</sub>, SST o CCT] (Parra, 2006).

### **Resultados y discusión**

#### **Calidad de las aguas residuales domésticas de la Unidad Básica de Saneamiento (UBS)-HBC**

Se enmarca en los resultados obtenidos sobre las características y concentraciones de los parámetros evaluados en el campo y laboratorio.

**Tabla 2**

*Resultados de los análisis in situ y de laboratorio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Afluente).*

Parámetro	Unidad de medida	LMP	Tiempo de muestreo									
			Día 1 12/03/18	Día 2 19/03/18	Día 3 27/03/18	Día 4 03/04/18	Día 5 09/04/18	Día 6 25/04/18	Día 7 07/05/18	Día 8 21/05/18	Día 9 04/06/18	Día 10 18/06/18
<b>PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>												
Temperatura	°C	<35	26,6	26,5	26,7	26,7	26,6	25,6	26,4	26,8	26,9	25,8
pH	Unid	6,5-8,5	6,5	6,9	6,8	6,9	7,4	6,8	6,7	6,9	7,1	6,8
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150	28,4	24,9	29,8	24,3	21,7	19,2	25,8	22,3	27,5	26,9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	300	250	200	200	160	250	250	300	200	200
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	404	258	280	280	220	330	310	260	280	270
<b>MICROBIOLOGICOS</b>												
Coliformes	NMP/100mL	10	781	781	781	492	781	492	328	781	781	781
Termotolerantes	100mL	000	272	272	272	238	272	492	238	192	272	781

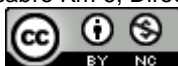
La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, muestras tomadas durante 10 días del afluente (entrada) de la Unidad Básica de Saneamiento, ubicado en el tanque primario o sedimentador, obteniendo en la Temperatura valores entre 25,8 a 26,9 °C; pH de 6,5 a 7,4 y

Sólidos Suspendidos Totales de 19,2 a 29,8 mg/L, encontrándose dentro y por debajo de los LMP, mientras que la DBO<sub>5</sub> presentó valores de 160 a 300 mg/L, DQO de 220 a 404 mg/L y Coliformes Termotolerantes de 328 192 a 781 272 NMP/100mL, superando con valores respecto a los LMP.

**Tabla 3**

*Resultados de los análisis in situ y de laboratorio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Efluente).*

Parámetro	Unidad de medida	LMP	Tiempo de muestreo									
			Día 1 12/03/18	Día 2 19/03/18	Día 3 27/03/18	Día 4 03/04/18	Día 5 09/04/18	Día 6 25/04/18	Día 7 07/05/18	Día 8 21/05/18	Día 9 04/06/18	Día 10 18/06/18
<b>PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>												
Temperatura	°C	<35	26,5	26	27,1	26,6	26,8	25,4	26,2	26,5	26,3	25,6
pH	Unid	6,5-8,5	6,6	7,1	7,2	7,1	7,3	7,2	6,9	7,2	7,2	7,3
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	150	5,2	8,5	7,2	9,1	5,8	4,4	7,9	8,3	7,1	6,9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	100	80	100	100	80	100	80	100	80	75
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	135	110	130	130	110	130	120	115	150	140
<b>MICROBIOLOGICOS</b>												



Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10 000	23 054	16 902	13 826	6 918	4 922	2 159	4 922	7 797	10 702	7 797
----------------------------	-----------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, muestras tomadas durante 10 días del efluente (salida) de la Unidad Básica de Saneamiento, ubicado en el tubería de salida, obteniendo en la Temperatura valores entre 25,4 a 27,1 °C, pH de 6,6 a 7,3; Sólidos Suspendedos totales de 4,4 a 9,1 mg/L; DBO<sub>5</sub> de 75 a 100 mg/L; DQO de 110 a 150 mg/L, encontrándose dentro y por debajo de los LMP y Coliformes Termotolerantes de 2 159 a 23 054 NMP/ 100mL, excediendo los LMP en 4 de los 10 días analizados (12, 19 y 27 de Marzo y 04 de Junio del 2018), por ausencia del desinfectante (pastillas de cloro), evitando la eliminación de patógenos en el agua.

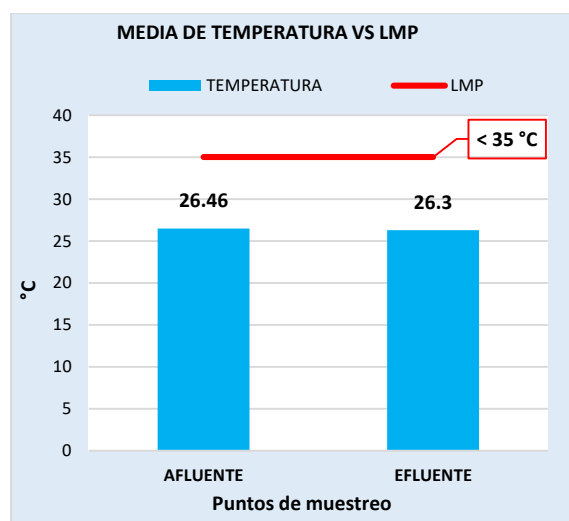
**Verificación de los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los Límites Máximos Permisibles (LMP).**

**Determinación de Temperatura**

La temperatura tuvo una media en el afluente de 26,46 °C y el efluente de 26,3°C (Fig. 6), por otro lado en la tabla 4, el P-Valor obtenido fue de

0,121, indicando que no existe una diferencia significativa en las medias de los valores de la temperatura antes y después del tratamiento.

**Parámetros físicos**



**Figura 6.** Media de la temperatura (afluente y efluente) y los LMP.

Ambos puntos de muestreo (Afluente y efluente), se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (<35 °C), tomado como referencia según D.S. N° 003-2010-MINAM.

**Tabla 4**  
*Prueba de muestras relacionadas Temperatura*

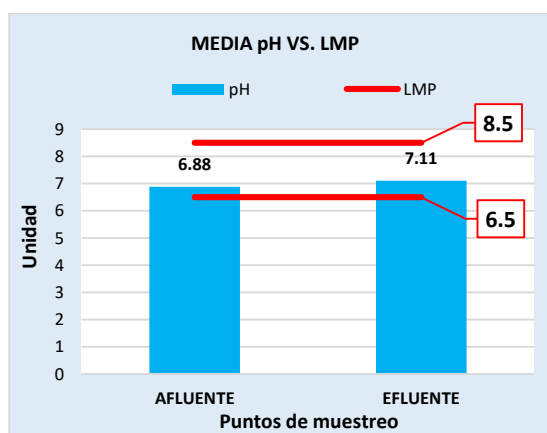
	Diferencias emparejadas						t	gl	P-Valor (Sig.)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Temperatura Par 1 (Afluente) - Temperatura (Efluente)	0,160	0,295	0,093	-0,051	0,371	1,714	9	0,121	





Estos valores también concuerda con lo reportado por la literatura Romero (2010) el cual indica que la temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial; siendo la temperatura óptima para la actividad bacterial de 25°C a 35°C.

### Determinación del pH



**Figura 7.** Media del pH (afluente y efluente) y los LMP

El pH en el afluente presento una media de 6,88 y en el efluente de 7,11 (**Fig. 7**), por otro lado en la tabla 5, el P-Valor obtenido fue de 0,003, deduciendo que existe una diferencia altamente significativa en las medias de los valores del pH antes y después del tratamiento.

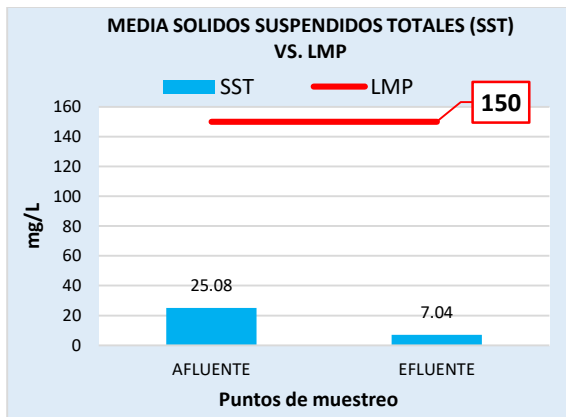
Ambos resultados obtenidos se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (pH = 6,5 – 8,5), tomado como referencia según D.S. N° 003-2010-MINAM.

El pH promedio registrado en el efluente fue de 7,11, considerado rango aceptable, el cual está entre valores de pH mencionado por la literatura de Romero, *et al.* (2010), enfatizando que el pH óptimo para diversos procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica generalmente es de 4,5 a 8,5.

**Tabla 5**  
*Prueba de muestras relacionadas pH*

	Diferencias emparejadas				t	gl	P-Valor (Sig.)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
Par 2 pH (Afluente) - pH (Efluente)	-0,230	0,176	0,055	-0,356 -0,103	-4,116	9	0,003

### Determinación de Solidos Suspendidos Totales



**Figura 8.** Media de los SST (afluente y efluente) y los LMP

Los Solidos Suspendidos Totales en el afluente presentaron una media de 25,08 mg/L y en el efluente de 7,04 mg/L (**Fig. 8**)

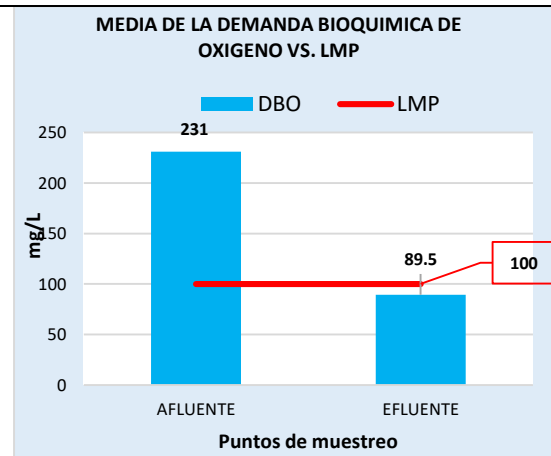
La tabla 6 muestra el P-Valor obtenido de 0,000, deduciendo que existe una diferencia altamente significativa en las medias de los valores de los SST antes y después del tratamiento.

Ambos resultados obtenidos de los análisis del afluente y efluente están por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP = 150 mg/L), según normativa ambiental peruana.

**Tabla 6**  
*Prueba de muestras relacionadas SST*

	Diferencias emparejadas					t	gl	P-Valor (Sig.)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 3	Solidos Suspendidos Totales (Afluente) - Solidos Suspendidos Totales (Efluente)	18,0400	3,3166	1,0488	15,6673	20,4126	17,200	9	0,000

Los investigadores Metcalf & Eddy (2003) señalan que la característica física más importante del agua residual es el contenido de solidos totales, los cuales están compuestos de materia flotante, materia sedimentable, materia coloidal y materia en solución.



**Figura 9.** Media de los SST (afluente y efluente) y los LMP.

Los SST se asocian a la turbidez, color del agua, obedece también a la dinámica de los ríos, en cuanto al tipo de material del cauce y el clima de

la región (precipitación). Valores altos de SST (>1000 mg/L) afectan la entrada de luz, limitando el desarrollo de la vida acuática, así como es posible que transporte sustancias tóxicas o nocivas cuando existe partículas pequeñas (< 63 µm) (Kulkarni, 2011).

### Parámetros químicos Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

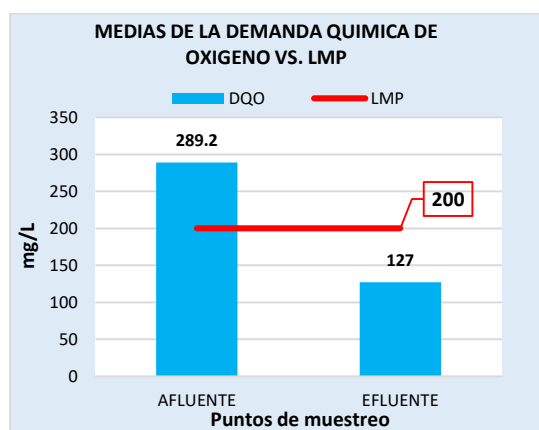
La Demanda Bioquímica de Oxígeno en el afluente presentó una media de 231 mg/L y en el efluente de 89,5 mg/L (Fig. 9).

La tabla 7 muestra el P-Valor obtenido de 0,000, deduciendo que existe una diferencia altamente significativa en las medias de los valores de DBO<sub>5</sub> antes y después del tratamiento. Los valores del afluente superaron los límites máximos permisibles, por otro lado los resultados del efluente se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (DBO<sub>5</sub>=100 mg/L), cumpliendo la normativa para los efluentes de PTAR, D.S. 003 – 2010 – MINAM.

**Tabla 7**  
*Prueba de muestras relacionadas DBO<sub>5</sub>*

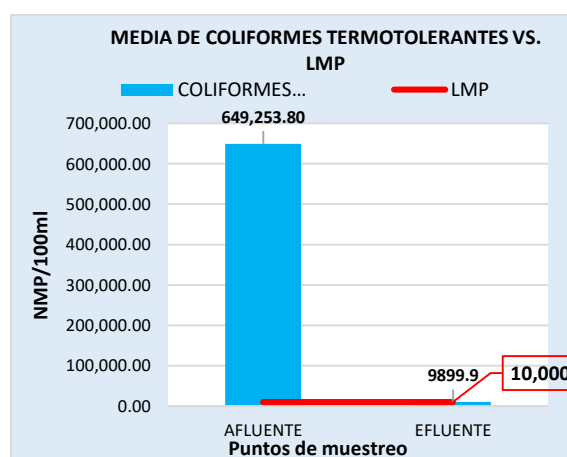
Par	DBO <sub>5</sub> (Afluente) - DBO <sub>5</sub> (Efluente)	Diferencias emparejadas					t	gl	P-Valor Sig.
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
4		141,500	42,821	13,541	110,868	172,132	10,450	9	0,000

### Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)



**Figura 10.** Media de los SST (afluente y efluente) y los LMP.

La Demanda Química de Oxígeno en el afluente mostró una media de 289,2 mg/L y por otro lado el efluente obtuvo 127 mg/L (Fig. 10).



**Figura 11.** Media de los Coliformes Termotolerantes (afluente y efluente) y los LMP.



La tabla 8 muestra el P-Valor obtenido de 0,000, deduciendo que existe una diferencia altamente significativa en las medias de los valores de DQO antes y después del tratamiento.

**Tabla 8**  
 Prueba de muestras relacionadas DQO

		Diferencias emparejadas					t	gl	P-Valor Sig.
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 5	Demanda Química de Oxígeno (Afluente) - Demanda Química de Oxígeno (Efluente)	162,200	46,190	14,607	129,158	195,242	11,105	9	0,000

Los resultados de la media del afluente superaron los límites máximos permisibles, por otro lado los resultados de la media del efluente se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible (200 mg/L) tomado como referencia según D.S. N° 003-2010-MINAM.

### Parámetros microbiológicos

#### Coliformes Termotolerantes (CTT)

Los Coliformes Termotolerantes en el afluente presentan una media de 649 253,80 NMP/100ml, mientras el efluente un valor de 9899,9 NMP/100ml (**Fig.9**).

La tabla 9 muestra el P-Valor obtenido de 0,000, deduciendo que existe una diferencia altamente significativa en las medias de los valores de CTT antes y después del tratamiento.

**Tabla 9**  
 Prueba de muestras relacionadas Coliformes Termotolerantes

		Diferencias emparejadas					t	gl	P-Valor Sig.
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 6	Coliformes Termotolerantes (Afluente) - Coliformes Termotolerantes (Efluente)	639353,90	173525,24	54873,50	515221,41	763486,38	11,65	9	0,000

Los resultados de la media del afluente superaron los límites máximos permisibles, mientras que la media del efluente, se encuentra por debajo del límite máximo permisible (CTT = 10 000 NMP/100ml) para efluentes según D.S. N° 003-2010-MINAM.

### Eficiencia del tratamiento en la remoción de contaminantes con la Unidad Básica de Saneamiento (UBS) – HBC.

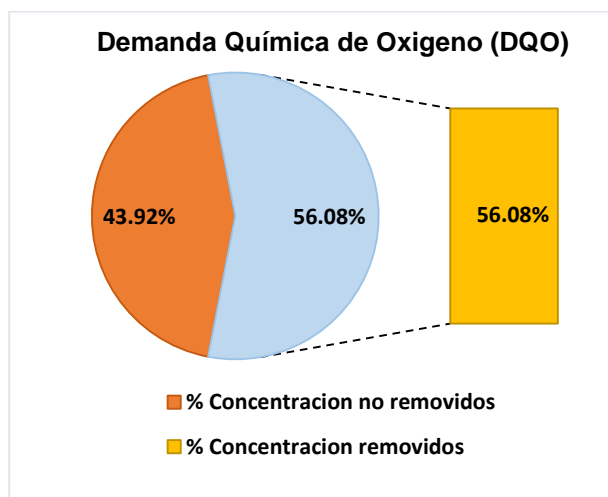
En la tabla 10 se estima que el parámetro con menor remoción de contaminantes fue la



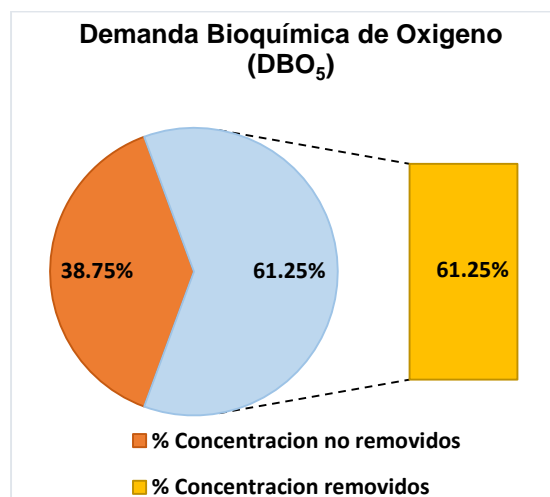
Demanda Química de Oxígeno (56,08%) (*Fig. 12*), seguidamente la Demanda Bioquímica de Oxígeno (61,25%) (*Fig. 13*), posteriormente los Solidos Suspendidos Totales (71,93%) (*Fig. 14*), y por último, la mayor remoción de contaminantes fueron los Coliformes Termotolerantes (98,47%) (*Fig. 15*).

**Tabla 10**  
*Medias y Eficiencia de los parámetros del afluente y efluente.*

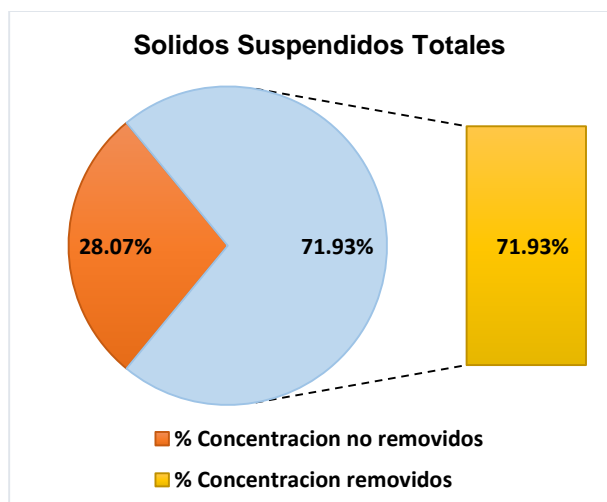
Parámetro	Resultados de análisis (medias)		Eficiencia (%)
	Afluente	Efluente	
<i>pH (unidad)</i>	6,88	7,11	Aceptable
<i>Temperatura (°C)</i>	26,46	26,3	Aceptable
<i>Demanda Química de Oxígeno (mg/L)</i>	289,20	127,00	56,08%
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)</i>	231,00	89,50	61,25 %
<i>Solidos suspendidos totales (mg/L)</i>	25,08	7,04	71,93%
<i>Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)</i>	649 253,80	9 899,90	98,47%



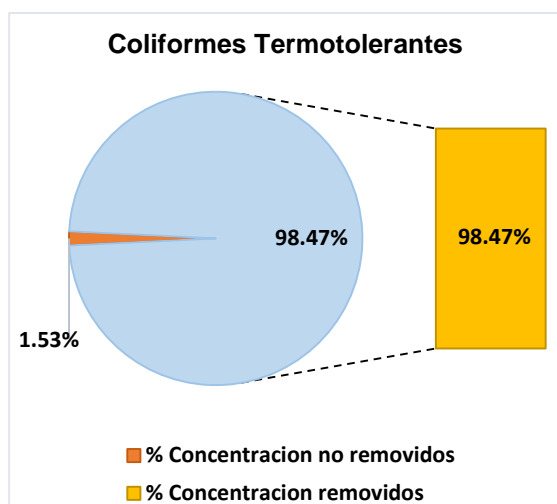
**Figura 12.** Porcentaje de remoción de la DQO.



**Figura 13.** Porcentaje de remoción de la DBO<sub>5</sub>.



**Figura 14.** Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales.



**Figura 15.** Porcentaje de remoción de Coliformes termotolerantes

## Conclusiones

Los valores promedios de los parámetros analizados en la entrada (afluente) y salida (efluente), fueron en el pH de 6,880 – 7,110; Temperatura de 26,46°C – 26,3°C; Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 25,08 mg/L – 7,04 mg/L; Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 289,2 mg/L – 127 mg/L; Demanda Bioquímica de

Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de 231 mg/L – 8,5 mg/L y Coliformes Termotolerantes (CTT) de 649 253,8 NMP/100ml – 9 899,9 NMP/100ml, respectivamente.

Los parámetros analizados, Temperatura, pH, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química Oxígeno y Coliformes Termotolerantes, se verificaron con los Límites Máximos Permisibles (LMP), encontrándose en promedio dentro del rango y por debajo de los valores según normativa D.S. N° 003 - 2010 MINAM, indicando que el tratamiento tiene efectos significativos y altamente significativos sobre dichos parámetros analizados.

Se determinó la eficiencia de remoción de contaminantes, consiguiendo remover los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas; los Sólidos Suspendidos Totales (SST) tuvieron un porcentaje de eficiencia de remoción del 71,93%; la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presentó un 56,08%; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) obtuvo un 61,25 % y los Coliformes Termotolerantes (CTT) consiguió un 98,47%.

## Agradecimientos

A la empresa Hanilest EG Perú EIRL, por la oportunidad de realizar la investigación en uno de sus innovadores proyectos y por el apoyo técnico de la tecnología UBS.

A la familia Pérez García, por las facilidades de acceso y uso de su propiedad para la instalación y desarrollo del proyecto.

A la Universidad Nacional de Ucayali, a través de la Dirección General de Planificación y Dirección General de Investigación; por el financiamiento y administración del presupuesto, respectivamente, para todas las fases de desarrollo del proyecto.

### Referencias bibliográficas

- Acurio, S. & Arciniegas, K. (2015). Evaluación de la remoción de nitritos y nitratos en muestras de agua del río San Pedro Cantón Rumiñahui por Microalgas Clorofitas. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. p 1.
- American public health association. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. Washington, APHA, AWWA, WWCF, pp 2-56.
- Baptista, P., Fernández, C., & Hernández, R. (2010). Metodología de la Investigación (Quinta ed., págs. 80-81). México D.F., México: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 06 de Noviembre de 2018, de [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
- Grupo HBC HANIL BC PERU S.A.C. (2017). Soluciones Integrales para la Conservación del Medio Ambiente: UBS – Unidad Básica de Saneamiento (Planta unifamiliar). Lima, Perú.
- Hansol, C. (2009). Método de aireación de contacto microbiano suspendido (método HBC): Hansol Environment & Structure. Obtenido de Hansol Web site: <http://www.hansolenc.com>
- Hernández, J. (2014). Comparación de costos entre una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas prefabricada y una construida en sitio (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. p. 8
- Kulkarni, A. (2011). Water quality retrieval from landsat TM imagery. *Procedia Computer Science*, 6, 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.08.088>
- Metcalf & Eddy. (2003). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y reutilización. 4ª Edición, McGraw-Hill, Nueva York.
- Norma OS.090. (2009). Plantas de tratamiento de aguas residuales. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú. p 7.
- Parra, L. (2006). Operación de un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) hasta alcanzar el estado estable. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Colombia.
- Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. (2014). Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS). Lima, Perú.
- Romero, J. A. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. 3.a ed. Escuela colombiana de ingeniería: Colombia. ISBN 958-8060-13.-3. Recuperado de <https://catalogo.escuelaing.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12263>
- Valencia, A. (2013). Diseño de un Sistema de Tratamiento para las Aguas residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis – Provincia de Chimborazo (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo, Ecuador.

