

## Diagnóstico del sistema de tratamiento de residuales de la empresa agroindustrial azucarera 30 de noviembre

Diagnosis of de waste treatment system of the company 30 de Noviembre

Roxana Aymeé Luis Winograd 1, \* <https://orcid.org/0000-0002-4758-4045>

Robier Hernández Barbosa 2, <https://orcid.org/0000-0002-85041-543X>

Pablo Enrique Cárdenas Quiñones 3, <https://orcid.org/0000-0002-5032-5511>

1 Centro de Investigaciones Hidráulicas. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE).

2 Empresa mantenimiento de Occidente.

3 Empresa Agroindustrial azucarera “30 de Noviembre”.

\*Autor para la correspondencia: [roxluis87@gmail.com](mailto:roxluis87@gmail.com)

### RESUMEN

La sociedad y el medio ambiente deben mantener un equilibrio si se desea alcanzar el desarrollo sostenible, pero con el desarrollo de la sociedad, donde la industrialización que forma parte indisoluble del proceso, el equilibrio no siempre se mantiene, y generalmente ese desequilibrio tiene efectos negativos sobre el medio natural. La empresa agroindustrial azucarera (EAA) “30 de Noviembre”, ubicada en el municipio San Cristóbal, provincia Artemisa, es considerada una de las entidades grandes contaminantes del municipio. Aplicando los diferentes métodos y técnicas de investigación, se caracterizaron los residuales de la entidad y se diagnosticó su sistema de tratamiento, arrojando como resultados que los residuales no cumplen con la NC: 27-2012, y el sistema de tratamiento no es funcional, por lo que se realizó un plan de medidas para el mejoramiento del sistema actual.

**Palabras clave:** residuales, sistema de tratamiento.

### ABSTRACT

The society and the environment must be in balance in order to achieve sustainable development, but with the development of the society, where industrialization, form an indissoluble part of the process, the equilibrium is not always maintains, and generally, the imbalance that is generated has negative effects on the natural environment. The Company agro-industrial sugar (EAA) “November 30”, located in the municipality San Cristóbal, province Artemisa is considered one of the entities large contaminants in the municipality. In this work by applying different method and research techniques, we characterized the residual of the entity, with its system of treatment, shedding as results that the residuals do not comply with the NC: 27-2012, and the treatment system is not functional, so we made a plan of measures for the improvement of the current system.

**Keywords:** residual, treatment system.

Recibido: 11/2022, Aceptado: 11/2022

## Introducción

El agua es un elemento fundamental para el surgimiento de la vida en nuestro planeta, sin ella cualquier tipo de vida le fuera imposible alcanzar el desarrollo que hoy presentan. Constituye parte integrante de todos los tejidos animales y vegetales, siendo necesaria para el proceso de las funciones orgánicas, e indispensable para el uso de los seres humanos que proporcionan un mayor bienestar, tanto para la salud, la alimentación, como para la industria y el esparcimiento. Este preciado líquido se encuentra en la naturaleza en diversas formas constituyendo parte del ciclo hidrológico, los procesos que forman parte de este ciclo tienen sus funciones dentro del gran ecosistema. La sociedad y el medio ambiente deben estar en un equilibrio para poder alcanzar el desarrollo sostenible, pero con el desarrollo de la sociedad, donde la industrialización forma parte indisoluble del proceso, el equilibrio no siempre se mantiene, y generalmente ese desequilibrio que se genera tiene efectos negativos sobre el medio natural. Los principales problemas ambientales que se generan están dados por la contaminación del aire, el suelo y fundamentalmente el recurso agua.

Los gobiernos de algunos países, principalmente de los más desarrollados, se han dado a la tarea de investigar y llevar a cabo distintos tipos de tratamientos de agua para reducir los dañinos efectos que la contaminación ha ocasionado a este recurso.

La definición exacta de agua residual es compleja, ya que está en función de las características que se den en cada población o industria, dependiendo además del sistema de recogida que se emplee. A pesar de ello, se ha definido como aquella que procede del empleo de un agua natural o de la red en un uso determinado. Las aguas residuales, además de patógenos, contienen otras muchas sustancias contaminantes. Éstas pueden ser procedentes de zonas residenciales o similares, infiltraciones y aportaciones incontroladas, aguas pluviales o aguas de complejos hospitalarios e industriales (Osorio et al. 2009).

En la industria, las aguas residuales presentan una gran cantidad de contaminantes que tienen una acción muy compleja sobre el medio ambiente, afectando el desarrollo natural de los ecosistemas por el cambio de condiciones tales como la toxicidad, olor, color, entre otras. Estas aguas están siendo tradicionalmente tratadas por métodos convencionales, sin embargo, la efectividad de estos procesos se ve seriamente limitada en los últimos años, debido a la disminución de la disponibilidad de agua fresca y al aumento de la demanda tanto humana como industrial, lo cual significa mayores caudales de agua residual a tratar (Muñoz 2008). El tratamiento de estas aguas tiene por objetivo disminuir la cantidad de agentes contaminantes en las masas de agua dependiendo no sólo del tipo de contaminantes presentes en ellas, sino considerando el uso que se le dará nuevamente una vez que el agua haya cumplido con el tratamiento adecuado.

En la Empresa agroindustrial azucarera (EAA) “30 de Noviembre”, ubicada en el Consejo Popular Taco-Taco, municipio San Cristóbal, se han llevado a cabo varios estudios sobre el uso del agua, donde se analizó el consumo del agua como uno de los problemas que golpea seriamente a la industria azucarera durante las últimas zafras, influyendo de manera negativa en la producción de azúcar. Pero continúa sin solución la problemática de la ineficiencia del sistema de tratamiento de residuales de la industria. Lo que está provocando la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de la zona.

El tema de la contaminación ambiental ha tomado en los últimos tiempos mayor fuerza, los gobiernos del mundo han unido fuerzas para decretar acciones referentes a la disminución de los agentes contaminantes y la protección de los recursos naturales, dentro de los cuales

sobresale el recurso agua por su inobjetable importancia. En Cuba son muchas las acciones encaminadas en la protección de este vital recurso y de su aprovechamiento óptimo. La EAA "30 de Noviembre" todos los años muestrea los residuales pero nunca ha realizado un diagnóstico sobre las causas que originan el no cumplimiento de la NC: 27-2012, por lo que este trabajo es de suma importancia, dado que su objetivo general es proponer acciones para el mejoramiento del sistema de tratamiento existente y con ello alcanzar que los residuales cumplan con las normativas de vertimiento de las aguas residuales.

## Referentes teóricos

El agua es uno de los principales constituyentes de la materia viva y del medio en que vivimos. Sus propiedades físicas son notablemente diferentes a las de otras sustancias, de manera tal que determinan la naturaleza de los mundos biológicos y físicos. Se le puede encontrar en los tres estados: líquido, sólido y gaseoso, lo cual provoca que esté ampliamente distribuida en la naturaleza. En el estado líquido constituye los lagos, océanos y corrientes del mundo; cubriendo aproximadamente tres cuartos de la superficie terrestre, también en plantas, animales, rocas y minerales (Terry et al. 2010), (Despaigne 2016).

Muchas de sus propiedades físicas son anormales en comparación con las de otros líquidos y, como este es el único líquido extremadamente abundante en la naturaleza, es de gran importancia en todos los órdenes de la vida. A las temperaturas ordinarias, el agua es un líquido transparente e incoloro. El agua pura es también inodora e incapaz de enmascarar la presencia de la más mínima cantidad de impurezas. En comparación con otros líquidos, el agua tiene un punto de fusión de 0 oC y de ebullición 100 oC (Terry et al. 2010).

### Clasificaciones de las aguas residuales

Las aguas residuales son aguas con impurezas procedentes de vertidos de diferentes orígenes, domésticos e industriales, principalmente. De esta forma, las aguas residuales pueden contener elementos contaminantes originados en desechos urbanos o industriales. Debido a esto, se pueden clasificar en: aguas municipales, aguas grises y aguas industriales

Las aguas residuales industriales son aquellas procedentes de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son variables en cuanto a caudal y composición (Terry et al. 2010), (Hernández 2000). Ellas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, con una carga más difícil de eliminar. Sus vertimientos pueden encontrarse en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial.

Su alta carga, unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que los tratamientos de las aguas residuales industriales sean complicados, siendo preciso un estudio específico para cada caso, ya que presentan gran variedad y cantidad de productos, los cuales están en concordancia con la actividad que se realiza (alimentación, química, petroquímica, agrícola, forestal, minerales y metalúrgicas, etc.).

### Parámetros que miden la calidad de las aguas residuales

El índice de calidad de agua residual (ICAR) designa a un conjunto agregado o ponderado de parámetros (NOM-001-SERMARNAT 2021) o indicadores (Coacalla-Castillo et al. 2020), con el fin de ser utilizado como una herramienta útil para evaluar la afectación provocada por los diferentes contaminantes que acompañan al agua. Para determinar la calidad de las aguas residuales se deben tener en cuenta sus parámetros, físicos, químicos y biológicos. Dentro

de los parámetros físicos podemos encontrar la conductividad eléctrica o específica, color, pH, turbiedad, sólidos totales, sólidos sedimentables, temperatura y olor (Metcalf and Eddy, 1995). Mientras que dentro de los químicos se analizan la acidez, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo, grasas, nitrógenos, oxígenos disueltos, sulfuros y metano (Metcalf and Eddy 1995). Los ingenieros sanitarios y ambientales deben su conocimiento a las características biológicas de las aguas residuales, específicamente de los microorganismos que intervienen en los tratamientos biológicos, patógenos y los utilizados como indicadores de contaminación. Dentro de los que se encuentran bacterias, hongos, algas, virus, protozoos, organismos patógenos, helmenitos, coliflores totales y escherichia-coli (Cleseri 1999).

### **Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

Las aguas residuales se presentan en dos componentes: líquido y sólido. Básicamente existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques, permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo. Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes. El segundo método, más común, consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica. Este método es conocido como tratamiento de lodos activados y requiere el abastecimiento de oxígeno a los microbios de las aguas residuales para apoyar su metabolismo (Cabezas 2013).

El tratamiento de aguas residuales es necesario para prevenir la contaminación ambiental y del agua y, por ende, la protección de la salud de la población. En Latinoamérica cada región tiene sus propias características correspondientes a métodos y tipos de tratamientos particulares, así como cierto número de opciones tradicionales. La más común es la planta de tratamiento de aguas residuales (Cabezas 2013).

### **Marco legislativo**

En Cuba existen disposiciones que regulan la conservación, protección, mejoramiento y transformación del medio ambiente, así como el uso racional de los recursos naturales, que son de diferentes tipos desde leyes hasta normas técnicas. La Norma Cubana NC 27:2012 ha sido elaborada por el Comité técnico de normalización NC/CTN 3 de gestión ambiental, integrado por representantes de varias entidades incluyendo al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

La norma es un instrumento legal para garantizar la calidad de las aguas terrestres mediante la regulación de las descargas de residuales a ellas, lo que a su vez sirve de base para la elaboración de estrategias de saneamiento. Ella ayudará a la protección de las fuentes de abasto a la población, los cursos naturales de las aguas, las aguas subterráneas y las obras e instalaciones hidráulicas.

La norma sobre el vertimiento de aguas residuales es el elemento clave para la aplicación, por los organismos competentes, de multas e impuestos por contaminación de los cuerpos receptores y utilización o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación, como lo son las aguas terrestres, así como de los servicios comunales de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Los aspectos relativos a las aguas residuales se evaluarán de acuerdo con lo regulado en la NC: 27: 2012.

## Materiales y métodos

### Ubicación geográfica

La empresa agroindustrial azucarera “30 de Noviembre” se encuentra ubicada geográficamente en el poblado de la finca La Conchita, comunidad Taco-Taco, municipio San Cristóbal de la provincia Artemisa. Hacia el norte del ingenio a una distancia de 3 km está la autopista nacional Habana-Pinar, 2 km en dirección este del arroyo las Guásimas, de la comunidad de López Peña 3km al oeste de esta y a 15 km del litoral costero sur. En la figura 1, se observa la imagen satelital de la misma.



**Fig. 1.** - Imagen satelital de la empresa agroindustrial azucarera “30 de noviembre”.

### Procedimientos para la caracterización de los residuales

Las corrientes de aguas residuales presentan gran variabilidad en su caudal y composición a lo largo de un día, una semana, un mes o una estación del año, haciendo difícil la obtención de la muestra de toda la corriente, en valor y calidad del agua, dado el alto costo de los análisis de laboratorio siendo este aspecto de gran importancia. Las condiciones diversas y sus diferentes objetivos, determinan la imposibilidad de establecer un procedimiento único y la aplicación universal para esta actividad por lo que los técnicos responsables de esta tarea deberán dominar los principios teóricos de la labor y desarrollar la habilidad práctica para garantizar los resultados calificables, por lo que el muestreo debe realizarse por un equipo automático con sensores de análisis de parámetros que determinen el cambio repentino de la muestra tomada (Cleseri 1999).

### Tomas de muestras (Compuestas)

En la investigación fue necesaria la toma de muestras compuestas proporcionales al caudal con el objetivo de tener un muestreo lo más característico posible de los residuales generados por la entidad. Al combinar los volúmenes individuales la muestra final sería de 2-3 L. Su formulación sería la que se representa en la fórmula 1.

$$V_{muestra} = \frac{Q_t * V_{total}}{Q_m * n} \quad (1)$$

donde:  $V_{muestra}$  es volumen de la muestra que se toma,  $Q_t$  es el caudal a la hora de tomar la muestra,  $V_{total}$  es el volumen final de la muestra compuesta,  $Q_m$  es caudal promedio durante el periodo de muestreo y  $n$  es el número de muestras simples tomadas.

### Cálculo del caudal

Existen diferentes métodos para obtener los resultados del cálculo de un caudal determinado

(volumétrico, vertedores, de sección-velocidad, de pendiente-sección y trazadores de colorantes). Para la correcta selección del dispositivo de medición hay que tener en cuenta factores como el tipo de aplicación abierta o cerrada, los intervalos de caudal, características, los constituyentes del fluido, la presencia requerida, las pérdidas de carga, la necesidad de instalación y la facilidad de mantenimiento (Metcalf and Eddy 1995). El método volumétrico, consiste en la medición directa del caudal en un recipiente de volumen conocido cuyo tiempo de llenado se mide y se controla por la relación expresada en la fórmula 2.

$$Q = \frac{Vl}{T} \quad (2)$$

donde:  $Q$  es el caudal (L/s),  $Vl$  es volumen del recipiente (L) y  $T$  es el tiempo de llenado (s)

#### Determinación de la carga contaminante

La carga contaminante se determina por la fórmula 3.

$$Cr = C * Q \quad (3)$$

donde:  $C_r$  es la carga contaminante en término de DBO5, DQO, grasas, solidos, etc.  $C$  es la concentración del parámetro que se evalúa y  $Q$  es el caudal de aguas residual

## Resultados y discusión

### Toma de muestra

Las muestras fueron recolectadas en un periodo de ocho horas seguidas, con un intervalo entre muestras de una hora, por lo que se utilizaron ocho muestras puntuales. Para realizar una muestra compuesta, los 300 mL finales fueron seleccionados teniendo en cuenta la relación con el caudal determinado en cada uno de los muestreos. En la tabla 1 se pueden observar los caudales determinados en cada una de las muestras y la porción utilizada para realizar la muestra compuesta.

**Tabla 1.** Relación del caudal con la porción seleccionada para la muestra compuesta  
Fuente: Resultado de la investigación.

Muestras	Entrada al Sistema		Salida del Sistema.	
	Caudal (L/s)	Porción de selección(L)	Caudal (L/s)	Porción de selección
M-1	1,25	38	0,27	34
M-2	1,60	41	0,31	42
M-3	1,00	34	0,29	39
M-4	1,25	38	0,29	39
M-5	0,83	32	0,27	34
M-6	1,60	41	0,28	38
M-7	1,25	38	0,30	40
M-8	1,25	38	0,27	34
MEC1		300	MSC1	300

### Análisis de laboratorio

Una vez realizado el muestreo, las muestras fueron enviadas a los laboratorios de la Empresa Nacional de Análisis del Agua (ENAS), entidad rectora y calificada para determinar los parámetros establecidos en la NC: 27-2012, las cuales arrojaron como resultados los que se aprecian en la tabla 2.

**Tabla 2.** Muestras de análisis de residual de la entrada del sistema de tratamiento en la EAA. Fuente: Resultado de la investigación.

Parámetros V.I.:OD:0.80mg/l	L.M.A C.R. NC:27-2012	Salidas del Sistema 2020			Entradas al Sistema 2020		
pH (U)	6-9	4,76	5,01	3,83	3,98	3.9	3.7
C E ( S/cm)	1500	2330	3475	3210	3060	2310	10 19
T(°C)	40	29,7	29,7	26	20,20	26	26.20
M F	--	-					
DBO5 (Mg/L)	40	4540	1856	1446	1088	5848	4489
DQO(Mg/L)	90	7558	4128	3214	2418	9748	7482
SS (Ml/L)	1	248	6,6	2,16	125	8.8	144
CT (NMP/100ml)	1000	1,6x10 <sup>8</sup>	23x10 <sup>3</sup>	23x10 <sup>3</sup>	1,7x10 <sup>3</sup>	1.7x10 <sup>6</sup>	>1.7x10 <sup>8</sup>
CTT NMP/100ml)	200	9,2x10 <sup>7</sup>	7,8x10 <sup>4</sup>	1,3x10 <sup>3</sup>	4,9x10 <sup>2</sup>	7.9x10 <sup>5</sup>	1.6x10 <sup>8</sup>
Pt (Mg/L)	5	5,00	2,88	6,48	11,5	70,8	136
O <sup>2</sup> (Mg/L)	4	0	0	0	0	0	0
A y G (MG/L)	5	9,30	0,16	0	1,1x10 <sup>-2</sup>	8,28	

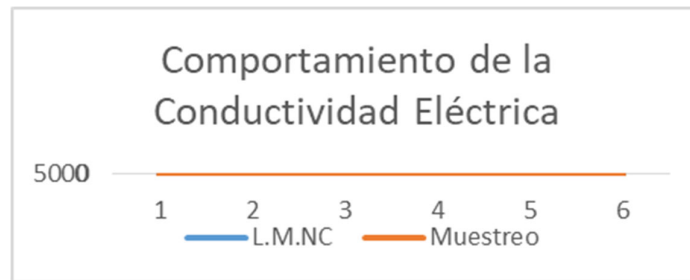
### Análisis de los parámetros

En la figura 2 se muestra el residual del central en la zafra 2020-2021, el cual mantuvo valores de pH que oscilan entre 3,7 – 4,0 en la entrada del sistema y en la salida de 3,8 a 5,1, lo que indica que el pH es sumamente ácido y no cumple con la normativa, afectando el balance químico y ecológico del cuerpo receptor.



**Fig. 2.** - Comportamiento del pH en los análisis realizados al sistema de residuales de la EAA. Fuente: Resultado de la Investigación

Los valores altos de conductividad eléctrica de los residuales de la EAA como se muestran en la figura 3 oscilan entre 2330 – 3210 mS/cm en la salida del sistema y en la entrada están entre 1019 – 3060 mS/cm, esto ocurre debido al elevado contenido de sales disueltas.

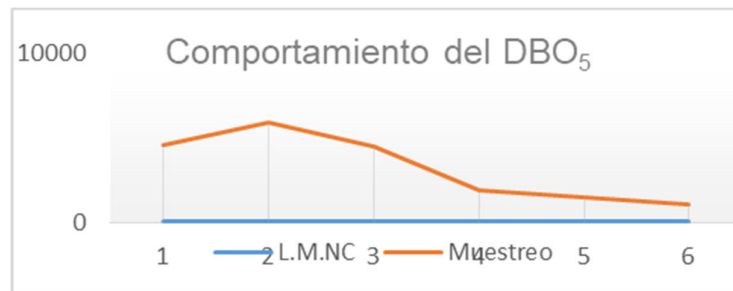


**Fig. 3.** - Comportamiento de la conductividad eléctrica en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

La temperatura se encuentra dentro de los parámetros, y como en el momento de la toma de las muestras no se contaba con un termómetro, se trasladaron al laboratorio entrando en contacto con el aire acondicionado y se observó que mantiene los parámetros según los límites máximos admisibles en la entrada 20-26,20°C y en la salida del sistema 26-29,7°C, influyendo en los procesos químicos y biológicos de las aguas superficiales.

Las materias flotantes tampoco son un parámetro que se pueda hacer referencia como positivo, aunque los análisis de laboratorio indican que cumplen con la norma.

Es la figura 4 se puede observar el comportamiento de DBO<sub>5</sub>, parámetro que no cumple con la normativa vigente, en la entrada con valores que oscilan entre los 1088-5848 mg/L y en la salida se presentan en un rango de 1446-4540 mg/L, lo cual prueba que los microorganismos no están proliferando, los valores altos de este parámetro provocan un decrecimiento del oxígeno disuelto en el agua.



**Fig. 4.** - Comportamiento del DBO<sub>5</sub> en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

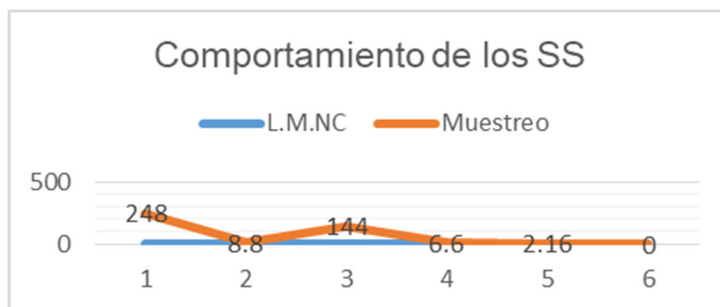
La figura 5 muestra que los valores de DQO están muy por encima de la norma, promediando en la entrada con valores 2418-9488 mg/L y a la salida con 3214-7558 mg/L.



**Fig. 5.** - Comportamiento del DQO en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación.

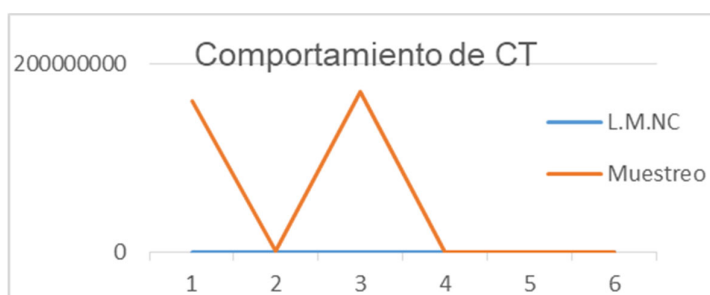


El contenido de SS es de gran importancia y de igual forma los valores muestreados están muy por encima de la norma, como se muestra en la figura 6. Los valores que exceden los LMPP en la entrada del sistema son valores que varían entre 8,8-144 mL/L y en la salida del sistema entre los 2,16-248 mL/L.



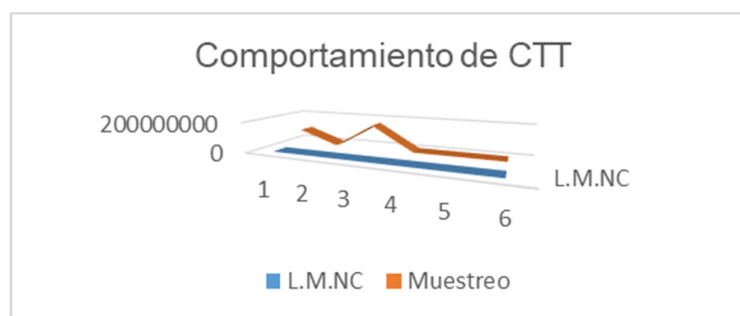
**Fig. 6.** - Comportamiento de los SS en análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

Los valores de coliformes totales, se encuentran muy por encima de la normativa, aunque disminuyen gradualmente desde la entrada del sistema a la salida, en la figura 7 se puede observar el comportamiento de este parámetro.



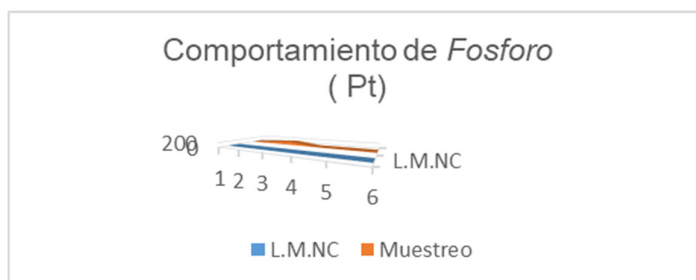
**Fig. 7.** - Comportamiento de los CT en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

Los valores de CTT (figura 8), se encuentran muy por encima de lo establecido oscilando en un rango en la entrada del sistema de  $7,9 \times 10^5$  -  $1,6 \times 10^8$  NMP/100 mL y en la salida del sistema de  $1,3 \times 10^3$  -  $9,2 \times 10^7$  NMP/100mL.



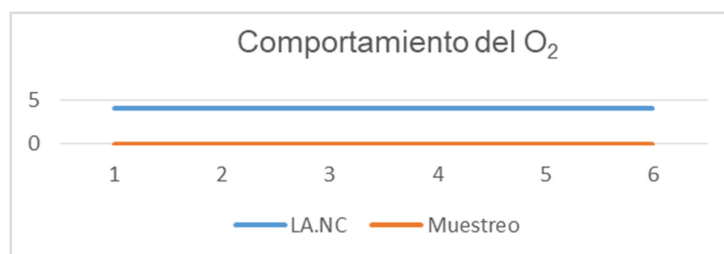
**Fig. 8.** - Comportamiento de los CTT en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

En la figura 9 se observa el alto contenido de fosfato en las aguas residuales de la entrada con valores que oscilan entre los 13,6-11,5 mg/L y en la salida del sistema con valores están comprendidos entre 88-6,48 mg/L.



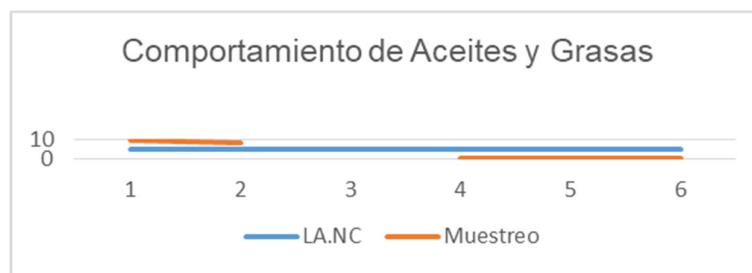
**Fig. 9.** - Comportamiento del Fosforo en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

En la figura 10, se muestran los valores de O<sub>2</sub> muestreados en el sistema, los cuales tanto en la entrada como en la salida del sistema presentan valores de 0.



**Fig. 10.** - Comportamiento del O<sub>2</sub> en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

Los aceites y las grasas son otros de los parámetros que se analizan según la norma, en la figura 11, se pueden observar sus valores, los cuales indican el mal funcionamiento de las diferentes trampas de grasas existentes en el sistema.



**Fig. 11.** - Comportamiento de los aceites y grasas en los análisis realizados al sistema de residuales de la EEA. Fuente: Resultado de la Investigación

### Determinación de la carga contaminante

Se realizó el cálculo de la carga contaminante arrojando valores muy altos de vertimiento de contaminante al efluente como se muestra en la tabla 3. Se aceptó que el vertimiento de los residuales sería en un turno de trabajo de 8 horas teniendo en cuenta las características de las últimas zafas, aunque es de destacar que hay días de producción continua de más de 8 horas lo que provoca un aumento significativo de este parámetro.

**Tabla 3.** Cálculo de la carga contaminante. Fuente: Resultado de la Investigación

Elemento	Parámetro a evaluar (C)	Caudal (Q) L/s	Carga contaminante (Cr)	Tiempo (h)	Carga Total
DBO <sub>5</sub> (salida)	4 540	0,29	1316,6	8	10532,8
	1 856	0,29	538,24	8	4305,92
	1 446	0,29	419,34	8	3354,72

### Estado actual del sistema

El sistema preliminar de la EAA actual ha venido presentando disímiles situaciones negativas en sus procesos.

**Sistema de alcantarillado de la fábrica:** En el sistema de alcantarillado se observa un deterioro bastante avanzado como se muestra en la figura 12. En el tramo de la casa de caldera a la refinería, el mal estado del sistema provoca constantes desbordamiento de los residuales, lo cual trae consigo un aumento de la humedad, suciedad y mal olor. Este comportamiento también es similar en la zona de pesaje de la azúcar, centrífuga y en la casa de caldera.



**Fig. 12.** - Estado actual del sistema de alcantarillado de la EEA

Fuente: Resultado de la Investigación

**Pre tratamiento:** El sistema de pre tratamiento (constituido por trampas de grasas, registros y el sistema de canales y zanjas que trasladan el residual hasta las lagunas estabilizadoras) se encuentra en mal estado como se observa en la figura 13.



**Fig. 13.** - Estado actual del sistema de pre tratamiento de la EEA

Fuente: Resultado de la Investigación

Las trampas de grasas, debido a la falta de mantenimiento se encuentran obstruidas, por lo que estas no realizan ningún proceso de retención de los hidrocarburos, los cuales en muchas ocasiones son vertidos directamente al sistema. Los registros se encuentran obstruidos y muchos de ellos no funcionan porque están derrumbados, lo cual limita la circulación y la velocidad de los residuales. Las condiciones de las zanjas y los canales no son favorables

tampoco, la capa impermeabilizante que evitaba la filtración del residual, debido a la falta de mantenimiento y al proceso erosivo ha ido perdiendo sus propiedades originales, por lo cual una parte del residual se infiltra directamente al manto, provocando afectaciones en los ecosistemas de la zona. Además, se evidencia la falta de mantenimiento a los canales, la presencia de materia flotante en grandes cantidades, lo cual provoca la solidificación de estos residuos en la superficie.

**Destino final:** El sistema de la EAA en su parte final está constituido por dos lagunas estabilizadoras, la primera es una laguna anaeróbica la cual recibe los residuales por el sistema de zanjas y canales. El paso de la laguna anaeróbica hacia la facultativa, está previsto por tres conductos, de los cuales solo funcionan dos y en muy mal estado constructivo, como se puede observar en la figura 14, las lagunas se encuentran con grandes problemas de funcionamiento.



**Fig. 14.** - Estado actual de las lagunas de estabilización de la EEA

Fuente: Resultado de la Investigación

En ambas lagunas se pueden observar problemas constructivos, los taludes no presentan los ángulos establecidos para poder tener la estabilidad necesaria, no se encuentran cercadas lo cual provoca que los animales puedan entrar a las zonas cercanas a estas. En la superficie de las lagunas se pueden observar láminas de hidrocarburos, además de gran cantidad de sólidos en suspensión. La coloración varía en diferentes zonas de las lagunas, estos cambios de coloración también son un indicio del mal funcionamiento de estas. Se aprecia el crecimiento de plantas dentro de las lagunas, esto influye negativamente en el proceso de estabilización de los residuales. Existe pérdida de la profundidad del sistema, debido a la gran acumulación de los residuos sólidos en ellas.

La salida del residual del sistema se realiza a través de un registro el cual se encuentra en muy mal estado constructivo, en el efluente se observa gran cantidad de sólidos en suspensión, el estado actual del sistema presenta una estrecha relación con los resultados del muestreo realizado.

### Propuestas de acciones de mejoramiento

Debido a que las muestras tomadas no cumplen con las normativas y teniendo en cuenta el estado actual del sistema de tratamiento de residuales, se puede afirmar que el sistema de tratamiento de la EAA no funciona en su totalidad. Por lo que se propone un grupo de medidas (tabla 4) que ayudarán a disminuir la carga contaminante entre un 40 y el 60 %.

**Tabla 4.** Propuestas de acciones de mejoramiento. Fuente: Resultado de la Investigación

Acción	Objetivos	Responsables	Ejecutan	Fecha
Reconstrucción de los vertedores	Determinar el caudal generado en la entidad	Dirección de Calidad, Grupo técnico	ZETI	30 de marzo -1 de octubre del 2022
Limpieza de los registros	Eliminar la vegetación, la acumulación de desechos sólidos	Técnico del Área de la Dirección de Calidad	Trabajadores de miscelánea	1-15 de diciembre del 2021
Mantenimiento de las trampas de grasas	Para un correcto funcionamiento	Jefes de Áreas	Trabajadores del Área y Miscelánea	29 de noviembre-15 de diciembre del 2021
Extracción de los sólidos arenosos, materia inerte y la orgánica en los desarenadores	Para un correcto funcionamiento	Técnico del Área de la Dirección de Calidad	Trabajadores de miscelánea	1-15 de diciembre del 2021
Ejecutar un programa de mantenimiento, higiene y seguridad de las lagunas estabilizadoras	Funcionamiento favorable de los cuerpos receptores y del medio ambiente a su entorno	Dirección de la EAA, de Calidad, de Mantenimiento	Especialistas de cada área	29 de noviembre-15 de diciembre del 2021

### Conclusiones

Se ratifica que la EAA “30 de Noviembre”, es una de las entidades contaminantes del territorio ya que los residuales que generan no cumplen con la NC: 27:2012, todos los parámetros analizados se encuentran fuera de los límites admisibles referidos en la normativa y vierte una carga contaminante muy superior a la norma establecida, por lo que se puede decir que el sistema de tratamiento de la entidad no es funcional y tiene que estar sujeto a un plan de mantenimiento para lograr la funcionalidad del mismo.

### Referencias

1. Cabezas D. “Diagnóstico del estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales ambiental”. Universidad Autónoma de Ciencias básicas, Santiago de Cali. 2013.
2. Coacalla-Castillo C. E., Pareja C. J. y Suarez O. A. “Indicadores de gestión en el manejo integral de residuos sólidos de la municipalidad de Aymaraes”. Revista Avances. ISSN:1562-3297, Volumen 22, num 3. Cuba. 2020.
3. Despaigne P. R.L. “Propuesta de rehabilitación de la planta de tratamiento de agua residual de la universidad Marta Abreu de las Villas”. Tesis de grado de ingeniería hidráulica, Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Cuba. 2016.

4. Hernández A. Manual de depuración Uralita. Thompson Learning. ISBN 842-832-162-0. España. 2000.
5. Metcalf and Eddy, INC. "Ingeniería de las aguas residual. Tratamiento, vertimiento y reutilización", 3ª. Ed. Madrid. ISBN 84-481-1612-7. España. 1995.
6. Muñoz C. A. "Caracterización y tratamiento de aguas residuales". Tesis de grado en ingeniería industrial. Universidad autónoma del estado de Hidalgo, México. 2008.
7. NOM-001-SEMARNAT-2021. Límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. México. 2021.
8. NORMA CUBANA NC: 27: 2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado — especificaciones., 2da. edición, octubre. Cuba. 2012
9. Osorio Robles F., Torres Rojos J. C. y Sánchez Bas M. "Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales". Editorial Díaz de Santos, sf. 187pp. ISBN 978-847-978-903-9. 2009.
10. Terry C., Gutierrez J. y Abo M. "Manejo de las aguas residuales en la gestión ambiental". Editorial CIGEA. 121pp. ISBN 978-959-287-023-9. 2010.

#### **Conflicto de interés**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.