

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA REUTILIZACIÓN DEL
EFLUENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE EN PROCESOS TEXTILES
EN LA PLANTA DE ACABADOS DE VICUNHA ECUADOR S.A.”

Realizado por:

BYRON JAVIER YACELGA VASCONEZ

Director del proyecto:

Magister Katty Coral

Como requisito para obtención del título de:

MAGISTER EN GESTION AMBIENTAL

Quito, 14 de marzo de 2019

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, BYRON JAVIER YACELGA VASCONEZ, con cédula de identidad # 1713231759, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA

CI.1713231759

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE EN PROCESOS TEXTILES EN LA PLANTA DE ACABADOS DE VICUNHA ECUADOR S.A.”

Realizado por:

BYRON JAVIER YACELGA VASCONEZ

Como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GESTION AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

KATTY CORAL

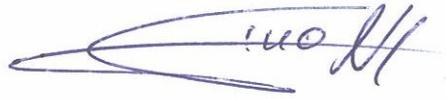
quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Katty Coral', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:



LINO ARISQUETA



RODOLFO RUBIO

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

FIRMA

FIRMA

Quito, 14 de marzo del 2019

DEDICATORIA

A mi hijo Keyler Julián..

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A mi familia

A mi tutor Katty Coral

A la empresa Vicunha Ecuador S.A.

“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE EN PROCESOS TEXTILES EN LA PLANTA DE ACABADOS DE VICUNHA ECUADOR S.A.”

"Analysis of feasibility for the reuse of the effluent treated biologically in textile processes in the finish plant of Vicunha Ecuador S.A."

Byron Javier Yacelga Vasconez, Katty Coral

Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales. Universidad Internacional SEK Ecuador

RESUMEN

La empresa Vicunha Ecuador, S.A. se planteó la posibilidad de usar como fluido de proceso para la planta de Acabados los efluentes tratados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, que normalmente son liberados al sistema de alcantarillado, con el fin de reducir el consumo de agua de pozo actual. La investigación consistió en determinar si es técnicamente factible sustituir esa alimentación por el efluente proveniente de la PTAR, sin afectar la calidad del producto y la operación de la planta, considerando que lo mencionado tendría una incidencia positiva en los costes operativos de la compañía, además de contribuir de forma activa con la preservación del ambiente, por medio de la racionalización de un recurso no renovable e indispensable como el agua. Para ello, se determinaron parámetros críticos en función del grado de contaminación del efluente, utilizando la evaluación de los parámetros: Demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno 5 (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), sulfuros, sólidos sedimentables y sólidos totales. Los resultados arrojaron cumplimiento de los parámetros del efluente con la normativa vigente de la calidad del agua, y a través de la evaluación con el histórico pertinente del comportamiento de la calidad del agua se estableció como positiva la hipótesis de que es factible emplear los efluentes tratados, como agua de proceso en la planta de Acabados, toda vez que el caudal requerido por la planta representa aproximadamente el 50% del caudal generado la PTAR.

PALABRAS CLAVES: Caudal, análisis químico, efluentes, calidad del agua, normativa.

ABSTRACT

The company Vicunha Ecuador, S.A. has set out the possibility of using the process effluents in the Wastewater Treatment Plant, which are normally released to the sewage system, was considered as a process fluid for the Finishing plant. In order to reduce the current well water consumption, investigation consisted in determining if it is technically feasible to replace that feeding by the effluent coming from the PTAR, without affecting the quality of the product and the operation of the plant, considering that the mentioned thing would have a positive incidence in the operating costs of the company, besides to contribute of active form with the preservation of the atmosphere, by means of the rationalization of a resource nonrenewable and indispensable as the water. In addition, critical parameters were determined based on the degree of contamination of the effluent, using the evaluation of the parameters: Chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand 5 (BOD5), total suspended solids (SST), sulphides, settle able solids and total solids. The results showed compliance with the parameters of the effluent with the current water quality regulations, and through the evaluation with the relevant history of the water quality behavior, the hypothesis that it is feasible to use treated effluents was established as positive, as process water in the Finishing plant, since the flow required by the plant represents approximately 50% of the flow generated by the WWTP.

KEYWORDS: Flow, chemical analysis, effluents, water quality, regulations.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial es un indicador asociado al crecimiento económico de un país, toda vez que ello redundaría en la calidad de su educación y demanda incrementos en la misma, que incentiven la innovación tecnológica, practiquen la experticia y tiendan a generar un equilibrio entre los recursos disponibles y la capacidad de transformación de esos recursos para la generación de bienestar a la sociedad, logrando la sostenibilidad económica, técnica y ambiental de las relaciones de producción. La industrialización puede acarrear impactos negativos sobre los ecosistemas del entorno, diversos casos en el mundo lo demuestran, siendo la industria textil una de las que mayores tasas de perjuicio puede ocasionar como resultado de la liberación de contaminantes en los recursos existentes y de la eliminación de residuos peligrosos, así como el alto consumo de recursos hídricos (Kjellstrom & Yassi, s.f., p. 65).

Vicunha Ecuador S.A. es una empresa textilera que forma parte del grupo Vicunha Textil de Brasil, quienes desde el año 2007 adquirieron el paquete mayoritario de acciones de la empresa La Internacional S.A. Desde ese momento inició un proceso de modernización integral de todos los procesos productivos. Esta empresa manufacturera se especializa en la producción de tela Denim/Índigo, utilizada para la confección de pantalones jeans, camisas y otros.

Al tratar una gran cantidad de efluentes que son depositados al sistema habitual de aguas servidas, se plantea la interrogante de evaluar si técnicamente los vertidos en mención podrían ser reutilizados en los procesos industriales de la planta de Acabados, a través de un análisis de

factibilidad y en concordancia con los lineamientos de preservación medio ambiental, establecidos en la política del Sistema Integrado de Gestión del grupo transnacional (Vicunha Textil, 2008, p. 12). Véase Anexo 1.

En la disponibilidad de los recursos hídricos debe considerarse la reutilización como parte de una política sostenida en pro de conservar un recurso no renovable; esta consideración se toma para evaluar métodos que puede incrementar los usos del agua ya utilizada, pues la mejora de la calidad de los efluentes es el elemento clave en la disponibilidad y gestión del agua, los recursos hídricos tratados pueden sustituir usos que no requieran una calidad elevada, como es el caso de los procesos industriales que se manejan en la planta de Acabados tales como el lavado, mercerizado y sanforizado. El proceso inherente a la planta de Acabados, tal como lo indica su nombre, es el paso final luego del hilado y la tejeduría, en donde las telas ya fabricadas son sometidas a fases que fijan los pigmentos que le otorgan color, se prueba la calidad de la tela y se le otorgan las características de textura y flexibilidad que las mismas poseen. Es importante destacar que el proceso de Acabados está diferenciado al tipo de telas, según la fibra de fabricación, en primer lugar, se tiene el Mercerizado, un proceso mediante el cual la tela es sometida a la acción de una base diluida con el fin de expandir las células que la conforman y mejorar en ella la apariencia brillante. Luego se procede a someter la tela a lavado, para restituir las propiedades elongativas del tejido que se ven mermadas en el mercerizado y por último se procede al tinturado que es básicamente aplicar color a los tejidos que lo requieran y para ello se mezcla los tintes en agua con productos auxiliares que facilitan la fijación del pigmento en la tela. En adelante los procesos subsiguientes son los inherentes al secado, control de calidad y corte, en síntesis, en los procesos de mercerizado, lavado y tinturado se demanda de una gran cantidad de caudal de agua con características aparentemente elementales.

De la misma manera al utilizar agua de pozo en la planta de acabados, se ha detectado la presencia de sulfatos, los cuales no han sido valorados y que de manera empírica no han presentado problemas de calidad en el producto terminado, al contrario, pueden ser beneficiosos ya que la teoría dice que en los procesos industriales mencionados su presencia ayuda en la fijación del índigo en la tela en el proceso de tinturado, los sulfatos se utilizan como componentes auxiliares para la fijación de pigmentos azulados en varias fibras naturales y/o sintéticas (Alatrística, Quiroz, & & Butrón, 2015, p. 32).

En este sentido, los indicadores Demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno 5 (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), sulfuros, sólidos sedimentables y sólidos totales tanto del agua de pozo, como de los efluentes tratados que genera la Planta de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la empresa, fueron analizados con el objeto de determinar si afectan la calidad de la tela como producto manufacturado al ser usados en la planta de Acabados, así mismo, se definieron estándares de calidad del agua para ser utilizada en los procesos de esta área de producción y de esta manera definir la factibilidad de aprovechamiento del efluente.

Los efluentes de la planta de Acabados, llegan a la PTAR de la Empresa donde son tratados bajo el siguiente proceso:

1. Los efluentes son recibidos en un tanque de homogenización, donde se mezclan con Ácido Sulfúrico para disminuir el pH donde se inyecta aire con el objeto de inhibir el crecimiento de bacterias anaeróbicas y prevenir la emisión de olores desagradables.
2. El fluido es conducido a la Estación de Tratamiento de Efluentes (ETE) y en el trayecto es sometido a varias etapas de filtrado para la retención de cualquier cuerpo sólido que pudiese contener.
3. Posteriormente los efluentes son llevados al tanque biológico donde se debe monitorear la concentración de bacterias aeróbicas, su tasa de crecimiento y el pH del

cuerpo acuático, se controla cada variable con oxígeno, urea o azúcar y ácido sulfúrico respectivamente.

4. Acto seguido los efluentes son sometidos a clarificación, donde destaca el uso de compuestos clorados que facilita la desinfección del agua y el tránsito hacia la transparencia de la misma.
5. El agua clarificada es sometida a electrocoagulación para incitar la formación de floculos con el añadido de un polímero adecuado para ello.
6. El agua libre de floculos pasa a una cisterna y de allí es enviada al proceso de filtrado mediante filtros de arena. Luego el agua pasa a un vertedero con el objeto de verificar sus niveles de calidad y luego con destino a la red pública de disposición de aguas servidas (alcantarillado público).

En síntesis, la PTAR utiliza un proceso combinado de tratamiento biológico y fisicoquímico para la purificación de las aguas. En la actualidad la capacidad de caudal de descarga de la PTAR al alcantarillado público es de $4,36 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales, los efluentes que provienen de la planta de Acabados únicamente representan una capacidad de $2,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

La planta de Acabados utiliza como agua de alimentación para la concreción de su proceso agua subterránea (de pozo) que en general, posee las siguientes características:

- pH, esencialmente alcalino, variable entre 6,5 y 8,5.
- Una DQO, que varía entre 1,0 y 5,0 mg/l.
- Una DBO, que se ubica entre 0,765 y 0,800 mg/L (es necesario recordar que valores superiores a 1,0 ppm indican contaminación del agua analizada).
- Los iones fundamentales contenidos en el agua son Na^+ , Mn^+ , Mg^+ , Ca^+ , K^+ , (Sodio, Manganeso, Magnesio, Calcio y Potasio, respectivamente) además de Cl^- , SO_4^{-2} ,

HCO⁻³, CO₃⁻², NO₃ (Cloruro, Sulfuro, Bicarbonato, Carbonato y Nitrato respectivamente)

(Arbitro, 2014, p. 20)

Adicionalmente como parte de la determinación de las oportunidades de reciclaje de agua se realizó un comparativo de los costos por cada metro cúbico de recurso hídrico, tanto en la planta de Acabados, como en la PTAR, así:

Tabla 1. Costos de recurso hídrico Acabados y PTAR

CANTIDAD	COSTO/m ³	Enero - mayo 2018 (m ³)	COSTO TOTAL
1 m ³ de agua a planta de Acabados	\$ 0.15	44261	\$ 6,639.15
1 m ³ de efluente tratado en PTAR proveniente de Acabados	\$ 0.80	44216	\$ 35,372.80
1 m ³ de efluente tratado en PTAR de todos los efluentes	\$ 0.80	78478	\$ 62,782.40

Fuente: Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Área de estudio

El proyecto se ubica en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia San Antonio. En la organización laboran alrededor de 700 personas, las 24 horas al día, los 365 días al año. Vicunha Ecuador S.A., es propietaria del terreno donde se encuentra funcionando, y ha llevado a cabo sus actividades en el mismo sitio desde el año 1971, destacando que en el año 2007 el grupo Vicunha Textil de Brasil compra lo que correspondía a la fábrica textil La Internacional, a partir de ahí cambia de nombre a Vicunha Ecuador S.A.

En esta empresa manufacturera el único producto que se elabora es la tela Demin, comúnmente conocida como tela jean.

Figura 1. Localización Vicunha Ecuador S.A.



Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

En el proceso de la elaboración de tela Denim se pueden identificar los siguientes procesos productivos principales:

- Hilatura. Elaboración de hilos de algodón para urdido y trama
- Preparación Tejeduría. - Tintura de hilos para urdido
- Tejeduría. - Tejido de hilos de urdimbre y trama
- Acabados. - Procesos químicos que se da a los diferentes tipos de tela producidos
- RTA. - Revisión de metrajes y establecimiento de la calidad a la tela.

(Vicunha Textil, 2008, p. 6)

Todas las descargas líquidas que se generan, principalmente en los procesos industriales de Preparación Tejeduría y Acabados, son conducidas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).



Figura 2. Vista satelital, PTAR Vicunha Ecuador S.A.

Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

En la actualidad, Vicunha Ecuador S.A. cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que proporciona tratamiento a todas sus descargas líquidas de los procesos industriales a través de un tratamiento biológico y fisicoquímico, una vez que estas descargas pasan por las diferentes etapas de producción, son depositadas al alcantarillado, todo esto cumpliendo la normativa ambiental vigente.

En este sentido se planteó la posibilidad de reutilizar el agua producto de los efluentes tratados en los procesos de la Planta de Acabados (lavado, mercerizado y sanforizado) ya que actualmente se utiliza para ellos, agua de pozo que no ha sido caracterizada y, por ende, no existe ningún control de variable alguna, lo que puede incidir en que dicha agua sea desperdiciada en lugar de destinarla a otro tipo de actividades y/o procesos de interés de la Organización.

El estudio propuesto permitió conocer si los efluentes tratados están en las mismas o superiores condiciones que el agua del pozo, para lo cual se determinaron los parámetros DBO₅, DQO, pH, SST, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales y Sulfuros, de los dos tipos de aguas, con la finalidad de determinar si existe la factibilidad de poder reutilizar en los procesos de lavado, mercerizado y sanforizado. En caso de determinar una factibilidad positiva, este estudio permitirá por primera vez a la Organización contar con un proyecto integral de gestión ambiental, es decir, tratar biológicamente todos los vertidos industriales, y volver a reutilizarlos en los procesos, con lo cual el aporte en el ámbito económico, de productividad y de manera especial ambiental será significativo y único para la Empresa.

La hipótesis que se planteó para llevar a cabo esta investigación es la recuperación del 50% del efluente tratado biológicamente con los parámetros de DBO, DQO, pH, SST, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales y Sulfuros de los efluentes de PTAR para ser reutilizados en la Planta de Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. Además, se definió como objetivo general durante este proyecto, determinar la factibilidad de la reutilización de efluentes, mediante los análisis multiparamétricos de la PTAR y planta de Acabados, de Vicunha Ecuador S.A.

Para cumplir con lo propuesto en la investigación, se buscó concretar las siguientes actividades específicas:

- Evaluar de los registros históricos de las variables DBO, DQO, pH, SST, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales y Sulfuros de la PTAR con la finalidad de establecer valores comparativos base entre el efluente y el agua utilizada en la planta de Acabados para establecer indicadores de reuso.

Determinar los valores de las variables DBO, DQO, pH, SST, Sólidos sedimentables, Sólidos Totales y Sulfuros existentes en el agua que alimenta a la planta de Acabados, mediante análisis fisicoquímicos para la determinación de los valores referenciales entre el efluente y el agua utilizada en los procesos industriales. La industria textil está catalogada

como una de las más contaminantes del mundo, en particular por los procesos de tinturado, engomado y acabado, en los cuales se utilizan grandes cantidades de agua y energía.

Los efluentes de dichos procesos tienen la característica de poseer una variada mezcla de residuos y contaminantes químicos, una cantidad considerable de sólidos suspendidos, sal y colorantes, así como un pH fluctuante (de tendencia incierta), altos valores de temperatura, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO₅) (Solis, Gil, Solis, Perez, & Manjarrez, 2013, p. 23).

Por lo que, para la optimización del reciclado y reutilización del agua, los efluentes de cada proceso se deben analizar por separado para determinar sus características fisicoquímicas, de tal forma que se pueda establecer cuáles se pueden tratar de manera conjunta y cuáles de manera individual, para incrementar la eficiencia del tratamiento y las posibilidades de reutilización. (Solis, Gil, Solis, Perez, & Manjarrez, 2013, p. 28).

Otro aspecto que se debe considerar, es el proceso textil en el que se propone reutilizar el efluente tratado. No tendrá las mismas exigencias de calidad un proceso de enjuague posterior a una tintura intensa, como si se tratase de agua de primer uso. Aunque se han publicado varios trabajos que recomiendan unos valores máximos de caracterización para su reutilización en distintos tipos de operaciones, aún no se han definido exactamente los requerimientos o parámetros adecuados para la efectiva reutilización de los efluentes (Sanz, 2015, p. 45).

En el área productiva denominada “Acabados” de Vicunha Ecuador S.A., se realizan procesos industriales cuya finalidad es la de proporcionar estándares de calidad (limpieza, brillo y estabilidad en el tejido) a los diferentes tipos de tela, con la utilización del recurso hídrico y otros productos químicos tales como suavizantes, entre otros. Los procesos industriales que se realizan en dicha planta son:

- Lavado

- Mercerizado
- Sanforizado



Figura 3. Planta de Acabados, máquina lavadora.

Fuente: El investigador (2018)

Recientes estudios, con fundamentos económicos y medioambientales, demuestran que la tecnología actual disponible se puede aplicar para la reutilización de los efluentes industriales, siendo necesaria una concienciación sobre la importancia y valoración de los recursos naturales, especialmente el agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

La metodología con la cual se abordó la investigación es experimental. El trabajo fundamental fue el muestreo y los consiguientes análisis de laboratorio para establecer la calidad del agua tratada, así como el agua del proceso, relacionándoles con los estudios históricos del comportamiento de los procesos y las variables que ha tenido el agua usada en los efluentes.

Para llevar a cabo la investigación, en consonancia con la metodología planteada se estableció el procedimiento para la recopilación de las muestras objeto de análisis, a través del procedimiento llamado muestreo.

El muestreo es, básicamente en este caso específico, la recolección de pequeñas muestras representativas de efluente, con el objeto de ser sometidas a análisis de laboratorio. Para la recolección de muestras, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Las características del estudio

Se enlistaron las características que serán sometidas a investigación, definiendo cuál de esas características deben ser determinadas en caliente, esto es *in situ*, y cuáles en el laboratorio (eso dependerá de la complejidad del análisis), en atención a los objetivos planteados en el estudio y los recursos técnicos disponibles en cada caso.

2. Clasificación de las muestras a recolectar

Según los procedimientos habituales, existe la posibilidad de efectuar dos tipos de muestreo en campo. Uno es la recolección de muestras sencillas, llamadas también únicas, que son diferentes sub muestras tomadas en un mismo punto en diferentes momentos en un intervalo de tiempo previamente definido; y las muestras complejas, que es la recolección de las mismas en diferentes puntos del cuerpo acuático a analizar en un mismo momento. En lo

que respecta a esta investigación, se utilizó el procedimiento asociado a las muestras únicas, dejando claro que cada caso a resolver es distinto.

3. Volumen de la muestra

Debe ser suficiente para poder generar los análisis y estudios que correspondan, incluyendo las repeticiones de ser necesarios. A efectos de esta investigación, un máximo de 100 mL, resultó ser una cantidad óptima para los análisis químicos requeridos.

4. Número de muestras a determinar

En los trabajos de campo, uno de los factores medulares del éxito del mismo es la planificación que incluye la selección de la cantidad mínima necesaria de muestras a recolectar con la finalidad de que los experimentos arrojen datos estadísticamente fidedignos y confiables.

Esto ocurre cuando no existe un histórico que pueda establecer el valor comparativo necesario. Muchas variables son dependientes del tiempo en una forma casi irreparable y para analizarlas se debe disponer de los instrumentos en campo y no limitarlo al laboratorio ya que los resultados estarían falseados, esto es, respecto al Potencial de Hidrógeno (pH), gases disueltos y Temperatura, por ejemplo, por tanto, la temperatura, el pH y los gases disueltos, deben determinarse directamente en el lugar de muestreo (Universidad de Cartagena, 2015, p. 7). Esta conclusión se obtiene ante la imposibilidad de recrear en el laboratorio las características de presión, temperatura y fluidez que tiene los cuerpos de agua en el efluente, por tanto, esas variables fue necesarias medirlas *in situ*.

Como toda investigación de campo, esta se encuentra sujeta al comportamiento habitual de los factores que influyen en la planta, por tanto, es importante tener en cuenta que los análisis de laboratorio están vinculados al devenir de las variables físicas del proceso industrial.

Los materiales a utilizar, son los propios de cada análisis fisicoquímico requerido, los mismos varían según la especificidad de cada uno de los ensayos y el material mínimo de recolección de muestras en ríos (lo cual aplica para canalizaciones de aguas servidas o fluidos que fluyen en conducciones abiertas a la atmósfera).

Las muestra a utilizar fueron cinco (05) para un mismo parámetro, recolectadas todas en diferentes momentos, esto es lo recomendado para aplicar el método Hanssen, según Coral, 2013, p.53.

Tratamiento estadístico de Hanssen

Los monitoreos de efluentes proporcionan datos, que, dependiendo del programa utilizado y establecido por la empresa, van generando una gran cantidad de valores que deben ser analizados estadísticamente. El método más utilizado para el análisis de los parámetros de contaminación es el denominado “Método de Hanssen”. En este se estableció una correlación lineal con pendiente negativa entre la probabilidad de ocurrencia y el parámetro de contaminación bajo control. Para ello fue necesario disponer de al menos 5 datos de un mismo parámetro de un mismo efluente en diferentes momentos. Pare esta aplicación se tiene:

1. Se puede suponer, como modo de ejemplificar la aplicación práctica del método Hanssen que se tienen ocho análisis de una muestra proveniente de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Vicunha Ecuador, S.A., determinando la Demanda Química de Oxígeno que arroja como resultado la siguiente tabla de indicadores:

Tabla 2. Datos obtenidos

DQO (mg/L)
125
210
350
220
360
95
115
356

Elaboración: El investigador

Seguidamente, esos datos se deben ordenar en forma descendente. Como sigue:

Tabla 3. Organización descendente de datos

DQO (mg/L)
360
356
350
220
210
125
115
95

Elaboración: El investigador

Esto se efectúa debido a que el método proporciona valores de probabilidad de ocurrencia considerando que la empresa mantiene un control y vigilancia sobre la contaminación generada por sus procesos, y que, por lo tanto, existe una menor probabilidad de que se den valores altos de contaminación y consecuentemente, una mayor probabilidad que se presenten valores bajos del parámetro de contaminación analizado, debido al control permanente sobre las emisiones de empresa. Una vez ordenados los datos se procede a darles un número de orden “N” y con los datos previamente organizados se procede a calcular la frecuencia relativa.

Este método permitió predecir la desviación existente entre el valor experimental y el teórico calculado a partir de la tendencia estadística dada por la frecuencia relativa de los datos recabados para cada indicador. Por ejemplo, se tienen los datos siguientes producto de un muestreo simple realizado en los efluentes en las fechas que se señalan:

Los datos de comparación están referidos a la normativa vigente dada por La Norma Técnica Para el Control de Descargas Líquidas, por cuanto es ese reglamento el que obliga a las empresas a adecuar los procesos y parámetros de sus efluentes.

RESULTADOS

Caudales

El caudal requerido por la planta de Acabados está establecido por diseño es de 2,46 m³/s, que, a su vez, si se comparan con lo que ofrece la PTAR en su descarga existe correspondencia, ya que ésta última es de 4,36 m³/s. Lo cual significa que la planta de Acabados puede operar al 100% con el caudal que arroja la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales y canalizar al alcantarillado el excedente, ya que según los parámetros de operación y el diseño de la planta en cuanto equipos e instalaciones de tuberías no permiten un incremento del caudal de alimentación de la planta de Acabados, sin una intervención que requiera una inversión adicional.

Este estudio, estableció, básicamente, la determinación de la factibilidad técnica, que es inherente a los parámetros químicos que poseen los efluentes tratados en la PTAR de la empresa Vicunha Ecuador S.A. y que los mismos sean usados para alimentar los procesos que ocurren en la planta de Acabados y en sus distintas etapas operacionales. En principio, se planteó la posibilidad de emplear el 50% de esos efluentes, y es preciso analizar, sin embargo, el volumen que se maneja en cada uno de esos procesos, en consecuencia, se tiene que:

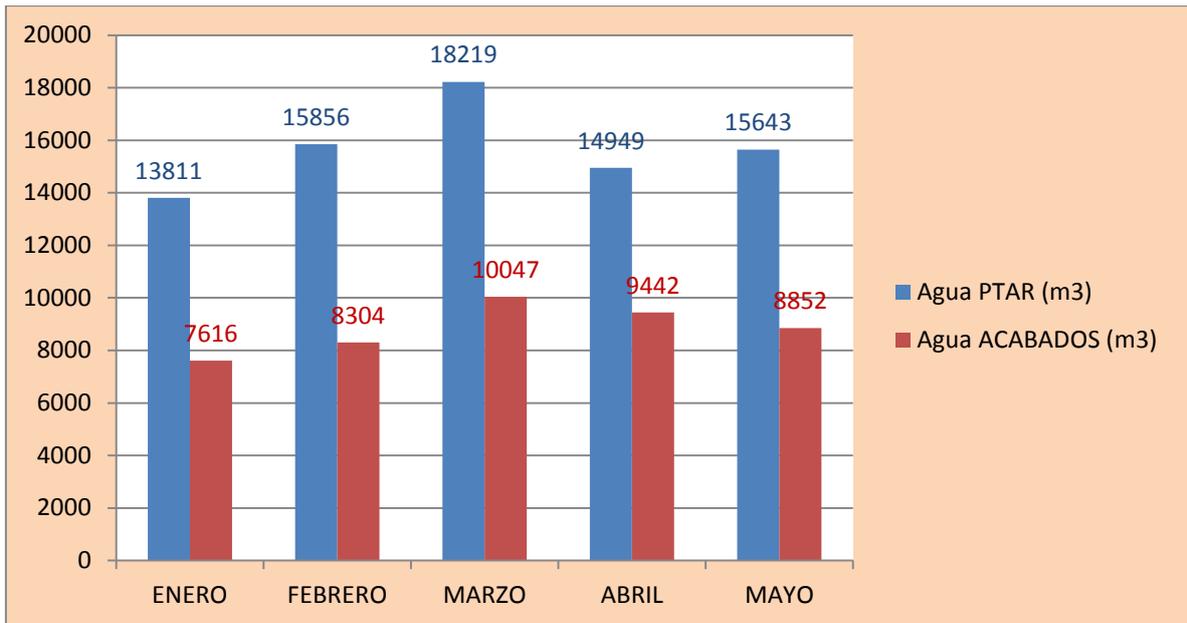


Figura 4. Comparativo consumo de agua año 2018 PTAR / ACABADOS

Fuente: El investigador (2018)

Teniendo como resultados finales de consumo en el período de enero a mayo 2018 del estudio (5 meses), los siguientes:

TOTAL, PTAR = 78478 m³

TOTAL, ACABADOS = 44261 m³

Esto indica que la planta de Acabados necesita sólo del 56,39% del volumen que es tratado en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Con lo cual, se le puede dar respuesta en términos de caudal al primer planteamiento confrontado puesto que la PTAR maneja casi el doble del caudal que requiere la Planta de Acabados para sus procesos.

Recopilación de información de las dos áreas involucradas

Tabla 4. Análisis comparativos de variables de los efluentes de PTAR con normativa aplicable, año 2016, 2017 y 2018

		Valores PTAR obtenidos en el 2016				Valores PTAR obtenidos en el 2017			PTAR 2018		
		VICUNHA ECUADOR S.A.									
		NORMATIVA		1er Trimestre	2do Trimestre	3er Trimestre	4to Trimestre	1er Semestre		2do Semestre	1er Semestre
PARAMETROS DE DESCARGA	Unidad	NT. 002	097-A	CORPLAB	CORPLAB	CORPLAB	CORPLAB	AAALab	LABIOTEC	AAALab	ALS
Informes N°								4979-1 y 4979-2	A17-078-01	6321-1 y 6321-2	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	170	250	78.89	336.31	189.89	58.16	63		98	99.36
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mg/L	350	500	177.6	694.00	382.5	165.00	134		174.00	293.4
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L	20	20	<0.5	4.5	<0.5	<0.5	<0.1		<0.1	3
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	120	220	<10	78	32	28	<30		80	84
SOLIDOS TOTALES	mg/L	1200	1600	814	4396	3630	4642	>2000	3980	4408	
SULFUROS	mg/L	1.0	1.0	0.73	42.41	51.43	3.05	<0.20		<0.20	27.52
pH	unid pH	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	7.87	7.26	7.09	8.09	8.20		8.10	6.61

Fuente: Efluentes PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Posteriormente se analizaron los gráficos estadísticos usados para calcular la variabilidad de los parámetros de control de contaminación de los efluentes, en función del ciclo productivo de la empresa.

En este inciso, es menester señalar que la DQO es indicativo del grado de contaminación que tiene el efluente objeto de estudio, el valor es directamente proporcional, ya que implica la cantidad de oxígeno diatómico que se requiere para oxidar la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Por otra parte, la DBO representa la cantidad de oxígeno que se requiere para transformar por medios naturales (biológicos) la materia orgánica presente en el agua.

Sabiendo esto, se muestra:



Figura 5. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable DBO

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Con algunas ligeras excepciones, la DBO se encuentra dentro de los límites exigidos (Fig. 5) por la normativa vigente en la República del Ecuador, dada por la Norma Técnica para el control de las descargas líquidas NT002, ya que registra un promedio de 131,9 mg/L. Esta norma, fue emitida por la Secretaría de Ambiente de la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, mediante Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016, de fecha 10 de octubre del 2016.



Figura 6. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable DQO

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Un caso similar se presenta con la DQO (Fig.6), cuyo promedio es de 288,57 mg/L en estos siete periodos de tiempo analizados. Los parámetros se encuentran dentro de las especificaciones legales del país.

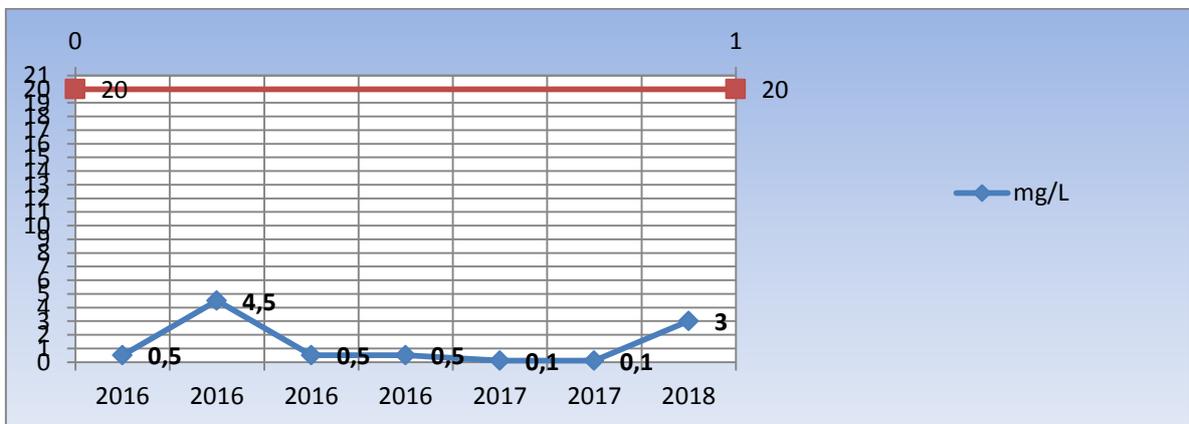


Figura 7. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable Sólidos Sedimentables

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

La cantidad de sólidos sedimentables (Fig.7) es muy inferior a lo que se exige mediante la normativa vigente (MINAM, 2014, p. 8)

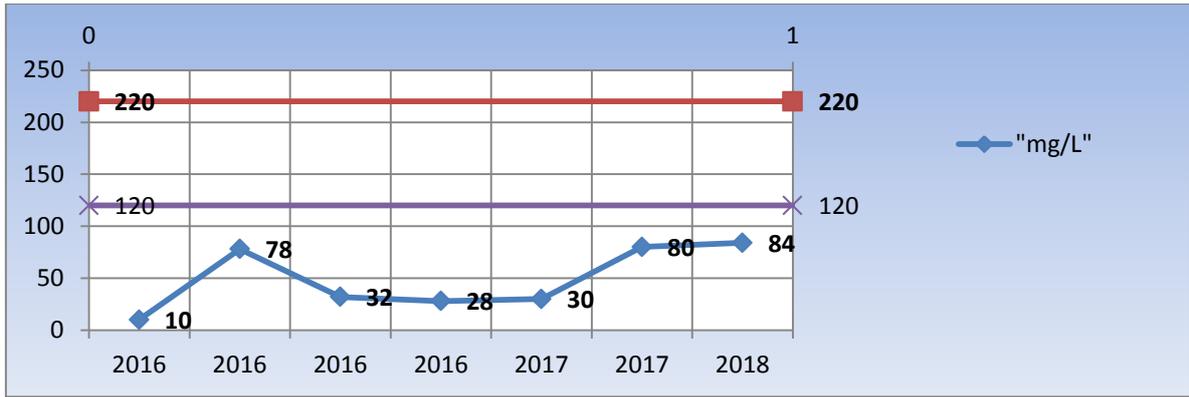


Figura 8. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable SST

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

El comportamiento de los Sólidos Suspendidos Totales (Fig.8) se mantiene, de igual manera por debajo de la norma, indicativo de que el efluente posee pocos sólidos suspendidos, que no son más que las partículas insolubles presentes en los efluentes, sin la masa suficiente para precipitar y con un peso considerable que no les permite sobrenadar (Argandoña & Macías, 2013, p. 31).

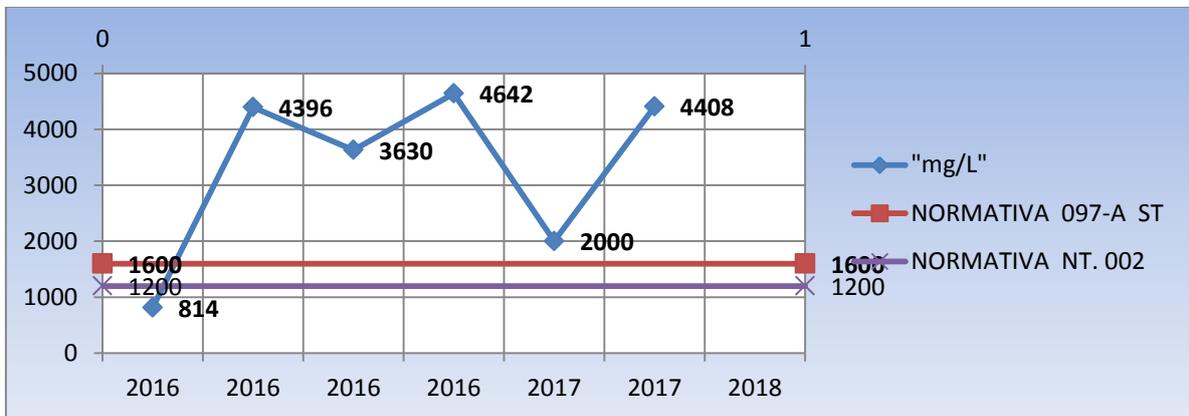


Figura 9. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable Sólidos Totales

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

El análisis correspondiente a los Sólidos Totales (fig.9), sobrepasa en gran medida lo recomendado en la norma, eso es indicativo de que en los efluentes existe gran contenido de sólidos resistentes a la temperatura y no solubles con las aguas.

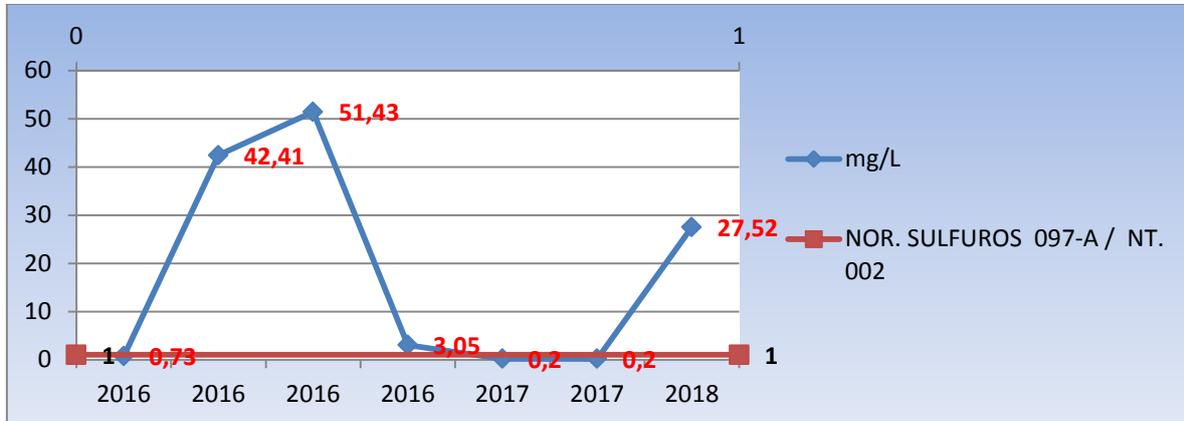


Figura 10. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable Sulfuros

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

La variable que indica la presencia de sulfuros (Fig.10), es uno de los factores más críticos cuando se analiza la contaminación del agua. Los sulfuros son sales solubles que pueden generar compuestos e iones nocivos y altamente corrosivos, como el sulfuro de hidrógeno o el ácido sulfúrico, entre otros, representan iones volátiles (Katz, 2011, p. 21). En la gráfica se observa claramente el exceso de este material en los efluentes analizados, cuyo origen es la Planta de Acabados de la empresa Vicunha Ecuador, S.A.

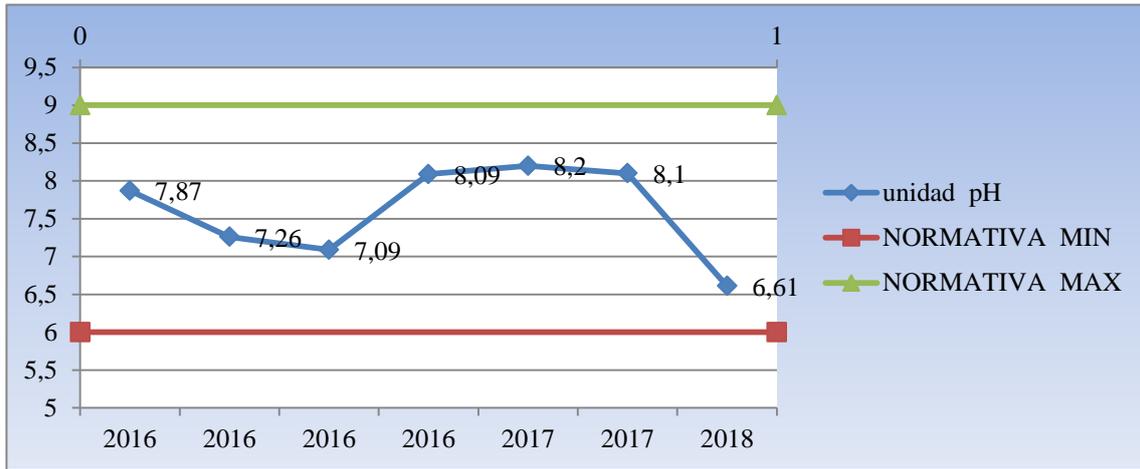


Figura 11. Informes semestrales, efluentes PTAR, variable pH

Fuente: PTAR de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

El pH (Fig.11), se mantiene entre los rangos normales exigidos por la normativa. En este caso concreto, los valores cumplen la normativa ambiental vigente.

Teniendo la caracterización fisicoquímica de los efluentes de PTAR, fue necesario medir y evaluar las mismas variables del agua que ingresa a la planta de Acabados con la normativa ambiental, con el fin de determinar los mínimos requeridos para la recirculación de los efluentes tratados.

A continuación, se muestran las mediciones obtenidas en comparación con la normativa ambiental vigente, así:

Tabla 5. Mediciones agua Acabados, variable DBO

DBO	DBO Normativa
29.00	170

Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Tabla 6. Mediciones agua Acabados, variable DQO

DQO	DQO Normativa
21.70	350

Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Tabla 7. Mediciones agua Acabados, variable Sólidos Sedimentables

Sólidos Sedimentables	Sólidos Sedimentables Normativa
0,00	20

Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Tabla 8. Mediciones agua Acabados, variable SST

SST	SST Normativa
3.20	120

Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Tabla 9. Mediciones agua Acabados, variable pH

pH	Rango de pH Normativa
8,01	6 - 9

Fuente: Acabados de Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Determinación de oportunidades de reciclaje de agua

A través de la evaluación entre parámetros de salida de los efluentes y mínimos de calidad para la planta de Acabados, se establecieron las oportunidades de recirculación o de mejora de los efluentes para su recirculación.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con las características esenciales de los efluentes involucrados en esta investigación:

Tabla 10. Comparación de las características de efluentes PTAR / Agua Acabados

<i>Agua de la Planta de Acabados</i>				
pH	SST (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
8,01	3,2	0,03	21,7	29
<i>Efluentes de la PTAR (Tratados)</i>				
7.60	60.40	25.03	288.64	131.94

Fuente: PTAR y Acabados Vicunha Ecuador, S.A. (2018)

Elaboración: El investigador

Se utilizaron indicadores para determinar la calidad del agua, para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\sum \left(\frac{C_{ef}}{C_{ac}} \right)}{N} < 1$$

Ecuación 1. Índice de Calidad del Agua (Coral, 2013, p. 62).

Para la aplicación del índice de Calidad del agua a reciclar, se determinaron los valores persistentes de calidad de agua utilizando el método estadístico Hannsen (Coral, 2013, p. 53).

Tabla 11. Análisis químico del muestreo simple aplicado en diferentes momentos al agua de Acabados

Fecha	pH	SST (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Sólidos sedimentables	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Sólidos totales
19/11/18	8.1	4	0	0	23	-	1
21/11/18	7.9	5	0	0	19	-	1
23/11/18	8.1	0	0.05	0	22	29	1
26/11/18	7.95	1	0.05	0	20.5	-	1
28/11/18	8.01	6	0.06	0	24	29	1

Elaboración: El investigador

Se aplicó el método Hanssen a los parámetros del agua de de Acabados cuyos valores están completos en el análisis producto de los muestreos cuyos datos ofrecen representatividad, que son, pH, SST y DQO. Aun cuando se tiene información completa de los sólidos totales, no hay representatividad porque el método requiere de información que pueda ser graficable.

Tabla 22. Método Hanssen aplicado a los valores de pH

N (Número de análisis)	f= Ni/(Nt+1)	Probabilidad de ocurrencia	pH	pH teórico
		P= f*100		
1	0,17	16,7	8,1	8,12
2	0,33	33,3	8,1	8,07
3	0,50	50,0	8,01	8,01
4	0,67	66,7	7,95	7,96
5	0,83	83,3	7,9	7,90
pH=b+(m*P)				
	Pendiente	m=	-0,0033	
	Intersección	b=	8,2	

Elaboración: El investigador, (2018)

En este caso, es claro, que los valores experimentales arrojados por el muestreo simple aplicado al agua de Acabados, según la frecuencia estadística está ligeramente por encima de los valores teóricos arrojados por el método Hanssen.

Tabla 33. Método Hanssen aplicado a los valores de SST

N (Número de análisis)	f= Ni/(Nt+1)	Probabilidad de ocurrencia	SST	SST teórico
		P= f*100		
1	0,17	16,7	6	6,40
2	0,33	33,3	5	4,80
3	0,50	50,0	4	3,20
4	0,67	66,7	1	1,60
5	0,83	83,3	0	0,00
pH=b+(m*P)				
	Pendiente	m=	-0,096	
	Intersección	b=	8,0	

Elaboración: El investigador

En el caso de los Sólidos Suspendidos Totales, los valores teóricos para este patrón de frecuencia igualmente se mantienen por encima ligeramente en algunos casos de los obtenidos mediante los análisis químicos aplicados a las muestras simples del agua de Acabados.

Tabla 44. Método Hanssen aplicado a los valores de DQO

N (Número de análisis)	f= Ni/(Nt+1)	Probabilidad de ocurrencia	DQO	DQO teórico
		P= f*100		
1	0,17	16,7	24	24,20
2	0,33	33,3	23	22,95
3	0,50	50,0	22	21,70
4	0,67	66,7	20,5	20,45
5	0,83	83,3	19	19,20
pH=b+(m*P)				
	Pendiente	m=	-0,075	
	Intersección	b=	25,5	

Elaboración: El Investigador

Siguiendo el patrón de los indicadores anteriores, la demanda química de oxígeno experimental está por debajo de las estimaciones teóricas relativas a la frecuencia arrojada por el muestreo simple del cuerpo acuático que representa el agua de Acabados.

Cálculo del Índice de Calidad (IC)

El índice de calidad es un valor que se determina con los insumos arrojados mediante el método de Hanssen en relación con el máximo valor para ese parámetro, bien sea teórico o referencial, a través de la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\frac{Ca}{Cma} + \frac{Cb}{Cmb} + \dots + \frac{Cn}{Cmn}}{n}$$

Donde:

IC = es el índice de calidad del agua

Ca = es la concentración existente del contaminante a

Cb = es la concentración existente del contaminante b

Cma = es la concentración máxima admitida del contaminante a

Cmb = es la concentración máxima admitida del contaminante b

n = es el número de contaminantes considerados

$$IC = \frac{\frac{8.10}{8.12} + \frac{6.00}{6.40} + \frac{24}{24.20}}{3}$$

$$IC = 0,97$$

DISCUSIÓN

Los resultados arrojan una correspondencia de las variables fisicoquímicas analizadas con respecto al objeto de esta investigación, sin embargo, parámetros como sólidos totales y

sulfuros deben ser ajustados, para garantizar un rendimiento óptimo del proceso a falta de conocer los efectos de tales compuestos sobre el material por donde circulará el agua. Pero, en general, los efluentes cumplen los parámetros ambientales de las normativas vigentes, ya anteriormente citadas.

El método de Hanssen demostró que los valores experimentales se encuentran dentro de un rango aceptable de tolerancia con respecto a los teóricos que el método plantea según el índice de ocurrencia, los datos obtenidos desde el punto de vista de los experimentos, arrojaron que el agua se encuentra dentro de límites tolerables y dentro de la norma ecuatoriana que determina la calidad del agua que se puede verter al sistema público de aguas servidas.

Los procesos bioquímicos que se llevan a cabo dentro de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Vicunha Ecuador, S.A. garantizan que el agua que se dispone al sistema de drenaje está desprovista de contaminantes en gran proporción.

Es importante aclarar que la Empresa no le ha hecho seguimiento desde el punto de vista fisicoquímico al agua que se usa actualmente como efluente a la planta de Acabado, que es la proveniente de los reservorios subterráneos (pozos) por tanto se considera que parámetros dentro de la normativa vigente en la materia pudieran garantizar un adecuado funcionamiento del proceso de Acabados con la posibilidad de la reutilización.

Los factores críticos representados en los valores asociados a las demandas de Oxígeno Química y Biológica que se encuentran dentro de la normativa y con una tendencia a la disminución (Ver gráficos correspondientes) son el pistoletazo de salida para poner en marcha la iniciativa. Sin embargo, aunque los parámetros de manera individual se ajustan, con pequeñas observaciones, es el "Índice de Calidad" el factor que determina la factibilidad de la propuesta de emplear agua tratada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa para llevar a cabo el proceso de Acabados textiles, por otro lado se conoce que los caudales son correspondientes, es decir, la PTAR no otorga un caudal deficitario para

cumplimentar el proceso de Acabados con éxito, por el contrario, el caudal de los efluentes tratados es excedentario.

El índice de calidad fue de 0,97 en la planta de Acabados y por tanto es un valor inferior a la unidad ($0,97 < 1,0$) lo cual indica que la calidad del agua para los propósitos buscados es **Buena** y esto se corresponde con la norma 097 que indica este rango de valores para demostrar la calidad del agua.

Recordando que:

$IC > 1$ se considera que la calidad del agua es mala

$IC = 1$ la calidad es crítica, es necesario someter el agua a un tratamiento conexo para optimizar sus parámetros a lo deseado.

$IC < 1$, la calidad del agua es buena.

Si se evalúa con los parámetros fisicoquímicos requeridos por la Planta de Acabados, la variación es despreciable y perfectamente se puede emplear para este propósito el efluente de la PTAR, sin embargo, es recomendable el seguimiento del comportamiento de los equipos y de la calidad del producto.

Por otro lado aplicando el método Hanssen a los efluentes (Anexo 3) tratados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se obtiene que el índice de calidad genera un valor mayor a la unidad. Concretamente:

$IC = 1,02$

Esto básicamente indica que los efluentes tratados de la PTAR están desprovistos de los requerimientos mínimos para ser utilizados en la planta de Acabados según el método Hanssen, tal y como se indica con antelación, un efluente cuyo índice de calidad supere la unidad requiere un tratamiento posterior para ajustar los parámetros críticos que inciden en la calidad del agua. En consonancia con lo expresado anteriormente, la calidad del agua se considera **Mala**.

CONCLUSIONES

- La capacidad de efluente tratado en la PTAR, es suficiente para cubrir la necesidad total de agua de la planta de Acabados, según la relación del caudal requerido por Acabados con respecto al caudal que puede proporcionar la planta de tratamiento.
- Tanto en los efluentes tratados y agua de Acabados las mediciones de DBO, DQO, Sólidos sedimentables y SST se encuentran por debajo del límite máximo permitido en la normativa ambiental aplicable.
- Las mediciones realizadas con laboratorios externos indican que las concentraciones de Sólidos Totales y Sulfuros de los efluentes tratados no cumplen lo establecido en la normativa ambiental aplicable, sin embargo, en la actualidad se está trabajando en la repotenciación de la planta PTAR, lo que también aportaría a la utilización de efluentes en la planta de Acabados, ya que se encontrarían cumpliendo la normativa ambiental.
- No existe una caracterización formal por parte de la Empresa del agua de pozo empleada para alimentar la planta de acabados actualmente, sin embargo, una reutilización de los efluentes tratados de la PTAR redundará en la conservación de esos reservorios de corrientes subterráneas para la utilización en ámbitos más necesarios, agricultura, consumo humano y en la sostenibilidad de la capa freática natural de la zona.
- El índice de calidad del agua indica sin dudas la factibilidad de emplear el agua tratada de la PTAR como materia prima para los procesos de la planta de Acabados. El proceso bioquímico que se lleva a cabo dentro de la PTAR es realmente eficiente,

porque logra disminuir en más del 50% los valores críticos de factores fundamentales como el DBO y DQO.

- La hipótesis no sólo se logra comprobar, sino que también se supera, ya que con los datos obtenidos y las mediciones efectuadas se puede determinar que la planta de Acabados puede ser alimentada en un 100% por los efluentes tratados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Los resultados de los cálculos de los Índices de Calidad tanto del agua de Acabados como de los efluentes tratados de PTAR matemáticamente son muy similares.
- La comparación de los índices de calidad de los efluentes de la PTAR (ya tratados) indican que el tratamiento al que son sometidos tales efluentes tienen impacto en términos de la calidad del agua. Sin embargo, es necesario hacer ajustes en los procedimientos fisicoquímicos para lograr que la calidad de esos efluentes sea la adecuada y pueda ser demostrada matemáticamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Alatrística, G., Quiroz, A., & Butrón, M. (2015). *Tratamiento de efluentes textiles por coagulación-floculación utilizando almidón de triticum aestivum l.* Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Alcaldía Metropolitana de Quito. (2011). *Distrito Metropolitano de Quito.* Quito, Pichincha, Ecuador: DMQ.
- Arbito, J. (2014). *Caracterización del agua subterránea para uso en actividades productivas y humanas en el Cantón Pasaje, 2014.* Pasaje, El Oro, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Argandoña, L., & Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentables y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la Parroquia Colón, Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí en el período de marzo a septiembre del 2013.* Portoviejo, Manabí, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí.
- Blanco, J. (2009). *Degradación de un efluente textil real mediante proceso fenton y foto-fenton.* Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Coral, K. (2013). *Contaminación de aguas residuales.* Santiago, Chile: Universidad Católica Andrés Bello.
- González, C. (2011). *El pH.* (C. d. Agrícolas, Ed.) Mayaguez, Puerto Rico: Recinto Universitario de Mayaguez.
- Katz, M. (2011). *Materiales y materias primas: Azufre.* (M. d. Educación, Ed.) Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Investigación Tecnológica.

Kjellstrom, T., & Yassi, A. (s.f.). *Risgos Ambientales para la salud*. Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Biblic.

Lizardo, J., & Orjuela, B. (2013). *Sistema de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

MINAM. (2014). Norma Técnica para control de descargas líquidas. (M. d. Ambiente, Ed.) Quito, Pichincha, Ecuador.

Parot, F., & Doron, R. (2007). *Diccionario Akal de psicología*. Madrid, España: Mostoles.

Sanz, J. (2015). *Tratamiento de Aguas Textiles industriales mediante fotocatalisis solar y reutilización de nuevas tinturas*. México, Distrito Federal, México: Ingenieria Act.

Solis, M., Gil, J., Solis, A., Perez, H., & Manjarrez, N. &. (2013). *El proceso de sedimentación como una aplicación sencilla para reducir contaminantes en efluentes textiles*. México, Distrito Federal, México.

Universidad de Cartagena. (2015). *Manual de Análisis de aguas*. Cartagena, Murcia, España.

Vickey, L. (2017). *Calidad del Agua*. San Francisco, California, Estados Unidos: Universidad de California.

Vicunha Textil. (2008). *Sistema Integrado de Gestión*. Quito, Pichincha, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1. Política del Sistema Integrado de Gestión Vicunha Textil



VICUNHA
TÉXTIL
VICUNHA ECUADOR S.A.

**POLÍTICA DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN
CALIDAD, MEDIO AMBIENTE,
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Son compromisos asumidos por Vicunha Ecuador S.A y difundidos en todos los niveles de la empresa, orientando nuestras acciones a:

- ❖ GARANTIZAR LA SATISFACCIÓN DE NUESTROS CLIENTES A TRAVÉS DE LA CALIDAD DE NUESTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS;
- ❖ AGREGAR VALOR AL CAPITAL INVERTIDO POR LOS ACCIONISTAS;
- ❖ PRESERVAR LA SALUD E INTEGRIDAD DE LOS COLABORADORES A TRAVÉS DE LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES OCUPACIONALES;
- ❖ RESPETAR EL MEDIO AMBIENTE, COMPROMETIDOS CON LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION;
- ❖ PROMOVER LA MEJORA CONTINUA Y ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE NUESTROS PROCESOS;
- ❖ CUMPLIR CON LA LEGISLACIÓN Y DEMÁS REQUISITOS PERTINENTES A LA ORGANIZACIÓN;
- ❖ CAPACITAR A LOS COLABORADORES PARA QUE DESARROLLEN SUS ACTIVIDADES CON CALIDAD, SEGURIDAD, SALUD Y CONCIENCIA AMBIENTAL.



Ricardo Steinbruch
Diretor Presidente

ANEXO 2.- Informes de cumplimiento laboratorios externos

 <p style="font-size: 8px;">Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE-LE-C-13.096 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	<h3 style="margin: 0;">ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS</h3> <h3 style="margin: 0;">ANAVANLAB CIA. LTDA.</h3> <p style="font-size: 8px; margin-top: 10px;">La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec</p>	<p>Muestra AAALab No:</p> <p>3127-1</p> <p>Pág 1 de 1</p>				
INFORME DE RESULTADOS No. 3127-1						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	VICUNHA ECUADOR S.A.	TELÉFONO:	3975800			
DIRECCIÓN:	LULUMBAMBA 1354 Y MISIÓN GEODÉSICA	ATENCIÓN A:	Ing. Ximena Alvarez			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA						
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	VICUNHA			
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL	FECHA DE MUESTREO:	04/02/2016			
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	A1 DESCARGA PTA TTO	RESPONSABLE DEL MUESTREO:	GREENSSAFE			
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	05/02/2016	PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	04/02/2016 al 19/02/2016			
3. RESULTADOS:						
Norma de Comparación: RES, NO 002-SA-2014 ART6 TABLA 1 LÍM,MÁX,PERMISIBLES ALCANTARILLADO						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO
AGUAS Y SUELOS						
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001	mg/L	< 0,1	70	CUMPLE
1	Cadmio	AAA-PE-A022	mg/L	< 0,010	0,02	CUMPLE
1	Cobre	AAA-PE-A022	mg/L	< 0,05	2,0	CUMPLE
1	Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009	mg/L	0,123	0,500	CUMPLE
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010	mg/L	108	170	CUMPLE
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011	mg/L	176	350	CUMPLE
1	Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012	mg/L	0,520	1,000	CUMPLE
1	Fenoles	AAA-PE-A016	mg/L	< 0,010	0,2	CUMPLE
1	Hierro	AAA-PE-A022	mg/L	< 0,25	25	CUMPLE
1	Mercurio	AAA-PE-A023	mg/L	< 0,0050	0,01	CUMPLE
1	Níquel	AAA-PE-A022	mg/L	< 0,30	2,0	CUMPLE
1	pH	AAA-PE-A029	unid pH	8,0	6,0 - 9,0	CUMPLE
1	Plomo	AAA-PE-A022	mg/L	< 0,3	0,5	CUMPLE
1	Selenio	AAA-PE-A023	mg/L	< 0,005	0,5	CUMPLE
1	Sólidos Sedimentables	AAA-PE-A033	mL/L	< 0,1	NA	
1	Sólidos Suspendedos	AAA-PE-A034	mg/L	< 50	100	CUMPLE
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035	mg/L	>2000	NA	
1	Sulfatos	AAA-PE-A037	mg/L	>1000	400	NO CUMPLE
1	Zinc	AAA-PE-A022	mg/L	< 0,05	2,0	CUMPLE
1	Sulfuros	AAA-PE-A030	mg/L	< 0,20	1,0	CUMPLE



INFORME DE RESULTADOS No. 6321-1

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	VICUNHA ECUADOR S.A.	TELÉFONO:	3975800
DIRECCIÓN:	LULUMBAMBA 1354 Y MISIÓN GEODÉSICA	ATENCIÓN A:	Ing. Juan Herrera

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	Estacion de tratamiento de efluentes
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO:	15/08/2017
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	SALIDA PTAR		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	ANAVANLAB
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	16/08/2017		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	17/08/2017 al 28/08/2017

3. RESULTADOS: Norma de Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA B. LÍMITES DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	*INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1	70,0	CUMPLE	6,1
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,020	0,020	CUMPLE	20
1	Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,05	1,00	CUMPLE	20
1	Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 B	mg/L	0,026	0,500	CUMPLE	16,600
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	98	250	CUMPLE	8,8
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220	mg/L	174	500	CUMPLE	8,6
1	Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/ SM 5540 C	mg/L	0,011	2,000	CUMPLE	11
1	Fenoles	AAA-PE-A016/ SM 5530 B-C	mg/L	0,020	0,200	CUMPLE	15,200
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,25	25,0	CUMPLE	20
1	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0050	0,01	CUMPLE	20
1	Niquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,30	2,0	CUMPLE	20
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+B.	unid pH	8,1	6,0 - 9,0	CUMPLE	1,0
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,3	0,5	CUMPLE	20
1	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	0,5	CUMPLE	20
1	Sólidos Sedimentables	AAA-PE-A033/ SM 2540 F	mL/L	< 0,1	20,0	CUMPLE	7,9
1	Sólidos Suspendidos	AAA-PE-A034/ HACH 8006	mg/L	80	220	CUMPLE	9
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B	mg/L	4408	1600,0	NO CUMPLE	1,3
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	1350	400,0	NO CUMPLE	6,1
1	Zinc	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,05	10,0	CUMPLE	20



SUPLEMENTO PROTOCOLO N°: 70816/2018-1.0'	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 10
	Página 2 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7705-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				P3			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	6,61	± 0,09 U pH	6 - 9	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2550 B	PA - 47.00	°C	26,3	± 1,0 °C	<40,0	CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS - 28.00	l/s	0,42	± 0,01 l/s	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	293,4	± 42,7 mg/l	500,0	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	99,36	± 16,34 mg/l	250,0	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	84,0	± 1,7 mg/l	220,0	CUMPLE
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2540 A y 2540 F	PA - 46.00	ml/l	3,0	± 0,1 ml/l	20,0	CUMPLE
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5520 B	PA - 43.00	mg/l	<20,0	± 4,4 mg/l	70,0	CUMPLE
CROMO HEXAVALENTE	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3500-Cr A y 3500-Cr B	PA - 11.00	mg/l	<0,050	± 0,01 mg/l	0,5	CUMPLE
TENSOACTIVOS	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5540 A y 5540 C	PA - 12.00	mg/l	0,17	± 0,03 mg/l	2,0	CUMPLE



SUPLEMENTO PROTOCOLO N°: 70816/2018-1.0'	RU-49
	Revisión: 10
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 3 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	7705-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				P3			
SULFATOS	EPA 375.4 SO ₄ ²⁻ , 1978	PA - 17.00	mg/l	1363 ⁽³⁾	± 30.25 mg/l	400.0	NO CUMPLE
SULFUROS	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-S ² A y 4500-S ² D	PA - 58.00	mg/l	27,52 ⁽⁴⁾	± 0,02 mg/l	1,0	NO CUMPLE
FENOLES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5530 A y 5530 C	PA - 33.00	mg/l	0,010	± 0,002 mg/l	0,2	CUMPLE
CADMIO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 07.00	mg/l	0,02	± 0,01 mg/l	0,02	CUMPLE
COBRE	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 25.00	mg/l	<0,10	± 0,03 mg/l	1,0	CUMPLE
HIERRO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 20.00	mg/l	0,53	± 0,04 mg/l	25,0	CUMPLE
NÍQUEL	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 08.00	mg/l	0,07	± 0,01 mg/l	2,0	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 09.00	mg/l	0,24	± 0,03 mg/l	0,5	CUMPLE
SELENIO(*)	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3120 B, 3030 B, 3030 D, 3030 E	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,010	± 0,00025 mg/l	0,5	CUMPLE
MERCURIO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3112 B	PA - 57.00	mg/l	<0,002	± 0,00036 mg/l	0,01	CUMPLE

ANEXO 3. Método Hanssen aplicado a los efluentes de la PTAR sin tratar

No. (Número de análisis)	f= Ni/(Nt+1)	Probabilidad de ocurrencia	DQO	DQO teórico
		P= f*100		
1	0,166666667	16,7	382,5	354,86
2	0,333333333	33,3	293,4	292,32
3	0,5	50,0	174	229,78
4	0,666666667	66,7	165	167,24
5	0,833333333	83,3	134	104,70

pH=b+(m*P)		
PENDIENTE	m=	-3,7524
intersección	b=	417,4

IC - PTAR = 1,02