

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE
OXÍGENO EN UN REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS) DE
PRIMERA GENERACIÓN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

PAREDES MARCHENA, RUTH NOEMI

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

A mis padres porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional. A mi hermano por ser la mejor compañía que Dios me regalo. A mi abuelo José, que desde el cielo me cuida y me guía en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas aquellas personas, quienes me brindaron su valioso tiempo y apoyo; en especial:

A mis amigos de la brigada 2018-II, tesisistas, personal técnico y administrativo de CITRAR de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, por el aporte de conocimientos, absolución de dudas y uso de equipos.

A la Institución de Educación Ambiental (IEA), específicamente al ingeniero Frank Martínez por apoyar la investigación y facilitarme los equipos de medición de parámetros fisicoquímicos.

Al personal técnico del laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por haberme facilitado materiales y equipos.

A todos los familiares y amigos que en todo momento me acompañaron durante mis cinco años de formación profesional.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	10
1.2 Justificación del Problema	11
1.3 Delimitación del Proyecto	11
1.3.1.-Delimitación Teórica.....	11
1.3.2.- Delimitación Temporal.....	12
1.3.3.- Delimitación Espacial	12
1.4 Formulación del Problema	12
1.4.1 Problema General	12
1.4.2 Problemas específicos.....	12
1.5 Objetivos.....	13
1.5.1 Objetivo General.....	13
1.5.2 Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.- Antecedentes	14
2.2.- Bases Teóricas	17
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	32
3.1. Modelo de solución propuesto	32
3.2 Resultados.....	64
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Unidad de Captación de CITRAR	20
Figura 2. Zona de rejas gruesas	20
Figura 3 <i>Cámara de Rejas Finas</i>	20
Figura 4 Desarenador. CITRAR.....	20
Figura 5 <i>Reactor Anaerobio de manto de lodos de Flujo Ascendente</i>	21
Figura 6 <i>Lecho de secado</i>	22
Figura 7 Lagunas Facultativas de estabilización.....	23
Figura 8 Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales de CITRAR de la Universidad Nacional de Ingeniería	23
Figura 9 <i>Tipos de Reactores DHS de acuerdo a la Distribución del Material Filtrante</i>	27
Figura 10 Flujograma de las actividades a realizar durante los días de monitoreo	32
Figura 11 El área de color amarillo, es la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur y el punto azul es la ubicación del reactor DHS-G1, a la espalda del Invernadero de la UNTELS.....	34
Figura 12 Ubicación del reactor UASB, de CITRAR-UNI	35
Figura 13 Diagrama de flujo del Reactor DHS de primera generación.....	36
Figura 14 Sistema de almacenamiento, tanque de Regulación de caudal y un distribuidor de caudal	37
Figura 15 Vista de los Sistemas 1 y 2 de la investigación.....	38
Figura 16 Vista del sistema de distribución del flujo de ingreso y salida del reactor DHS en ambos Sistemas 1 y 2.....	39
Figura 17 Esponja tipo V utilizada en el reactor DHS-G1.....	40
Figura 18 Vista de las 5 esponjas que se analizaron, y el pesaje de cada uno de ellos.....	41

Figura 19	Medición de 100mL en la probeta para hallar el volumen desplazado.	41
Figura 20	Dejar reposar la esponja en el recipiente para que absorba el agua.	42
Figura 21	El mismo procedimiento con las 5 esponjas	42
Figura 22	<i>Puntos de Monitoreo en el Reactor DHS-G1</i>	44
Figura 23	<i>Frascos para toma de muestras</i>	46
Figura 24	<i>Medición de pH del punto E1 con el Multiparámetro portátil HQ40D.</i>	47
Figura 25	<i>Medición de la turbidez del punto E2. Turbidímetro. Micro950.....</i>	48
Figura 26	<i>Medición de Oxígeno Disuelto del punto E1. Multiparámetro portátil HQ40D</i>	49
Figura 27	<i>Viales para DQO, Digestor DBR 200 y colorímetro DR/890</i>	50
Figura 28	<i>Proceso de digestión y lectura de viales.....</i>	51
Figura 29	<i>Potencial de Hidrógeno - 1° período v. Tiempo (Medición diaria)</i>	56
Figura 30	<i>Temperatura - 1° período vs. Tiempo (Medición diaria)</i>	57
Figura 31	<i>Turbiedad - 1° Período vs. Tiempo (Medición diaria)</i>	58
Figura 32	<i>Oxígeno Disuelto - 1° Período vs. Tiempo (Medición diaria)</i>	59
Figura 33	<i>33 pH - 2° Período vs. Tiempo (Medición diaria).....</i>	60
Figura 34	<i>Temperatura – 2° Período vs. Tiempo (Medición diaria)</i>	61
Figura 35	<i>Turbiedad – 2° Período vs. Tiempo (Medición diaria)</i>	62
Figura 36	<i>Oxígeno Disuelto vs. Tiempo (Medición diaria)</i>	63
Figura 37	<i>Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un Q = 14.4L/día para cada sistema - 1° Período vs. Tiempo (Medición semanal).....</i>	66
Figura 38	<i>Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un Q = 28.8L/día para cada Sistema - 1° Período vs. Tiempo (Medición semanal).....</i>	67
Figura 39	<i>Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un Q = 14.4L/día para cada Sistema – 2° Período vs. Tiempo (Medición semanal).....</i>	69
Figura 40	<i>Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un Q = 28.8L/día para cada Sistema– 2° Período vs. Tiempo (Medición semanal).....</i>	70
Figura 41	<i>Formato Único de Trámite Documentario con el cual se solicitó espacio en Invernadero Multifuncional para el desarrollo del proyecto.</i>	79

Figura 42 Solicitud a CITRAR para la toma de muestra del agua residual, afluente del Reactor DHS de primera generación.	80
Figura 43 Formato presentado a CITRAR FIA-UNI, dirigido Ing. Yon Cecilio, actual encargado.	80
Figura 44 Constancia de prácticas pre profesionales de CITRAR FIA-UNI, lugar donde realicé el análisis de Demanda Química de Oxígeno con los equipos de su laboratorio.	81
Figura 45 Hoja de Seguridad del reactivo que se utilizó en el análisis de Demanda Química de Oxígeno.	82
Figura 46 Instalación del prototipo del Reactor DHS de primera generación en el invernadero multifuncional con el permiso del ingeniero David Licapa.	99
Figura 47 Resultados y viales de la medición de Demanda Química de Oxígeno mediante el uso del Colorímetro DR//980 – 1° Período.	99
Figura 48 Presencia de algas en el tanque regulador de caudal y esponjas de cada módulo de transferencia	100
Figura 49 Corte y cambio de esponjas por la contaminación de algas en el Reactor DHS de primera generación.	100
Figura 50 Cronograma de actividades.....	102
Figura 51 Presupuesto.	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Contaminantes de interés para el tratamiento de aguas residuales	18
Tabla 2 Eficiencia de los Reactores DHS en susdiversas Generaciones	28
Tabla 3 Número de esponjas utilizadas en el Sistema 1 y 2	38
Tabla 4 Puntos del monitoreo en elreactor DHS-G1	43
Tabla 5 Resumen de los Resultados del mesde Febrero.....	45
Tabla 6 Periodicidad de los parámetros evaluados	52
Tabla 7 Análisis físico de las esponjas utilizadas en elReactor DHS-G1.....	54
Tabla 8 Medición de Demanda Química de Oxígeno en el mes de Febrero - Primer Período.....	65
Tabla 9 Medición de Demanda Química de Oxígeno en el mes de Marzo - Segundo Período	68

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a la constante contaminación de los cuerpos de agua naturales por vertimientos de agua residual doméstico, es de gran importancia la búsqueda de nuevas alternativas para el tratamiento de agua residuales domésticas sostenibles en el tiempo; así como también, la investigación permita mejorar los procesos de tratamientos ya aplicados para alcanzar una alta eficiencia.

En nuestro país, el Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos (UASB) en el tratamiento de aguas residuales domésticas es poco utilizado; además no tienen un adecuado mantenimiento que permita una larga vida útil. Un claro ejemplo se muestra en La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de José Gálvez perteneciente al Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima S.A. (Sedapal), que se encuentra en el distrito de Villa María del Triunfo, Lima.

El presente estudio de investigación evalúa el comportamiento de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) conocido como sistema de esponjas colgantes de poliuretano para la remoción de carga orgánica. Está tecnología se propone como un tratamiento secundario para un reactor UASB.

La investigación se realizó en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur – UNTELS, instaurando un montaje de dos reactores en paralelo con diferentes volúmenes a escala piloto como tratamiento secundario. Se ha realizado monitoreo de los parámetros fisicoquímicos: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto, pH, Turbiedad y Temperatura.

El inicio del período de investigación se realizó el 4 de febrero del presente año, la puesta en marcha de ambos reactores fue el 11 de febrero, el período de evaluación de monitoreo se inició el 18 de febrero por un período de 5 semanas, hasta el 22 de marzo del mismo año debido a una contaminación con algas al interior del prototipo. Es por ello que se optó por dividir en dos períodos de evaluación: 1° Período y 2° Período.

El capítulo I plantea la descripción de la realidad problemática que impulso el desarrollo de esta investigación, lo que se buscó lograr con los resultados

obtenidos acompañado de la delimitación del lugar y tiempo donde se desarrolló además de mis objetivos.

El Capítulo II plantea la parte teórica de mi trabajo, respaldado por una bibliografía internacional y nacional de proyectos similares al análisis que se realizó en este reactor DHS de primera generación.

El Capítulo III plantea la descripción de la metodología empleada en este trabajo, desde la ubicación de la muestra tomada hasta los análisis de los efluentes de cada sistema 1 y 2 en el Reactor DHS-G1. Además, se muestra los resultados que se obtuvieron en las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de acuerdo al caudal con el que se trabajó en ambos sistemas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En los últimos años, el crecimiento de la población y la rápida urbanización sin control vienen generando grandes impactos ambientales con respecto a la contaminación de cuerpos de agua naturales por vertimientos de aguas residuales domésticas que acabarán afectando el entorno ambiental y la salud pública.

Por ello en el 2006, La Organización Mundial de la Salud emitió una guía para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises, donde el objetivo es presentar nuevas tecnologías bajo normas microbiológicas de calidad de agua que sean eficientes y de bajo costo para maximizar la protección de la salud humana y el uso benéfico de recursos importantes.

En los últimos años, la escasez de agua ha llevado a diversos países a implementar plantas de tratamiento de aguas residuales donde el agua tratada no necesariamente tiene un fin de consumo; sino, en muchos casos es para el riego de extensiones de áreas verdes, tal como en Japón, Costa Rica u otros.

En nuestro país, la gran mayoría de plantas de tratamiento de aguas residuales públicas o privadas aún activas, buscan producir un agua tratada que cumpla con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. 004-2017 MINAM - categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, donde los parámetros fisicoquímicos se encuentren bajo los valores expresados por la normativa.

Entonces como una tecnología alternativa de bajos costos, fácil operación y mantenimiento que complementa al reactor UASB de manera eficaz, se planteó en este proyecto montar un sistema Downflow Hanging Sponge (DHS) tipo cubo a escala piloto, tiene como objetivo la disminución de la Demanda Química de Oxígeno del efluente del reactor UASB de las instalaciones del Centro de Investigaciones en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

No obstante, es importante considerar que estos sistemas pueden llegar a presentar problemas como la aparición de algas al interior si las radiaciones del sol logran ingresar al reactor. Por ello, la importancia de cubrirlo con un material de color negro.

1.2 Justificación del Problema

La problemática expuesta nos demanda a buscar alternativas de solución para reusar las aguas residuales domésticas previamente tratadas a fin de uso para riego de áreas verdes o ser vertidas en cuerpos de agua sin generar daños perjudiciales para el ambiente y la salud humana.

Por otro lado, la gran mayoría de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas locales han optado por las lagunas facultativas y aireadas como un post tratamiento para un reactor UASB, generando altos costos de inversión, operación y mantenimiento diario; además de requerir grandes extensiones de terreno.

Entonces, ante esta situación se propone evaluar la eficiencia del reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación como un tratamiento secundario para un reactor UASB, determinando la disminución de la concentración de DQO que nos ayudará a reconocer la oxidación completa de nuestro efluente que serán tomadas en los diferentes módulos de transferencia; buscando así un proceso unitario alternativo y eficaz.

A pesar que se puedan presentar problemas operativos o de mantenimiento, como es el crecimiento de algas, se pueden solucionar con un buen mantenimiento bajo un régimen de limpieza profundo e interdiario y/o semanal o en última estancia, con un cambio de esponjas y el reinicio del sistema.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1.-Delimitación Teórica

El proyecto se centró en el tratamiento de aguas residuales domésticas, exactamente del efluente del reactor UASB del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos peligrosos de la Universidad Nacional de Ingeniería (CITRAR – UNI). Este proceso se realizará en el reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación diseñado a escala piloto con 4 módulos de transferencia: 2 módulos de 4 pulgadas de volumen (lado izquierdo) y 2 módulos de 6 pulgadas volumen (lado derecho).

1.3.2.- Delimitación Temporal

El proyecto abarca un período comprendido entre el **4 de febrero y marzo 2019; aproximadamente 55 días.**

1.3.3.- Delimitación Espacial

Para el proyecto, se montó el reactor DHS en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur – UNTELS, específicamente a la espalda del Anfiteatro de la universidad. (Ver Figura 9)

Los monitoreos de parámetros fisicoquímicos se llevaron a cabo en el laboratorio de Química Ambiental y el parámetro físico, en Laboratorio de Química. El agua residual tratado fue proveniente del reactor UASB que se encuentra en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos peligrosos de la Universidad Nacional de Ingeniería (CITRAR – UNI).

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

- ¿En qué medida se puede alcanzar la disminución de la concentración de Demanda Química de Oxígeno de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera puede influir el caudal de ingreso de agua residual doméstica en la disminución de la concentración de Demanda Química de Oxígeno de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación?
- ¿Cuál es la relación que existe entre el volumen de los módulos de transferencia y la disminución de la concentración de Demanda Química de Oxígeno de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Determinar la disminución de la concentración de Demanda Química de Oxígeno de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia del caudal de ingreso de agua residual doméstica, tal que sea óptimo para la disminución de la concentración de Demanda Química de Oxígeno de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación
- Evaluar la relación existente entre el volumen de los módulos de transferencia y la disminución de la concentración de Demanda Química de Oxígeno de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

Centeno Mora, Erick (Costa Rica, 2017), realizó la Evaluación de una Planta Piloto para el tratamiento de aguas residuales ordinarias por medio de un filtro percolador con relleno de esponjas colgantes de flujo descendente (DHS) como post-tratamiento de un efluente de sedimentador primario. Dentro de la estructura del reactor, se utilizó su espuma de poliuretano en forma de cilindros con dimensiones aproximadas de 2,5cm de diámetro por 3cm de alto. El caudal operacional fue 6 L/min y el tiempo de retención hidráulico (TRH) en el reactor fue de 2,7h. En los resultados obtenidos, la eficiencia en la remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos suspendidos Totales (SST) fue de 81%, 85% y 94% respectivamente. Por ello, se concluyó que tecnología DHS resulta una opción interesante para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en Costa Rica.

Machdar Izarul, et al. (Indionesia, 2018). En la planta de tratamiento de Kampung Tawa, provincia de Sumatra se instaló un reactor DHS-G3 recibiendo en su tanque receptor 2000L de agua residual doméstica provenientes de los tanques sépticos instalados en los hogares de la población. El reactor fue diseñado con tres módulos de transferencia y en su interior se encontraba el medio de soporte, esponjas de espuma de uretano a base de poliéster. El objetivo era encontrar un tratamiento alternativo a las lagunas de aireación convencionales de la planta para obtener un efluente que cumpla la normativa vigente. Se trabajó con dos Tiempos de Retención Hidráulica (TRH): 3 y 4 h. El afluente del reactor DHS presentaban valores iniciales de: 139 mg / L, 449 mg/L y 191 mg / L de Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) respectivamente. Tras el período de 600 días de monitoreo, las eficiencias en la reducción de DBO, DQO y SST fue de 56%, 18% y 18% respectivamente para un TRH de 3 horas y 80%, 54% y 28% respectivamente para un TRH de 4. Finalmente, se determinó que el reactor DHS-G3 a escala piloto mostró una eliminación de rendimiento estable y

eficiente en el tratamiento de la depuración de aguas residuales de tanques sépticos alcanzando valores que cumplen con su normativa nacional.

Okubo Tsutomu, et al. (Japón, 2015) trabajaron en la Evaluación del desempeño de un DHS a gran escala como un proceso de post-tratamiento de un reactor de manto de lodo anaerobio de flujo ascendente (UASB) para el tratamiento de aguas residuales en la India. Emplearon un DHS-G2, tipo cortina donde el objetivo era evaluar su eficiencia comparada con la de una laguna de estabilización que también construyeron para un trabajo en paralelo. Básicamente la diferencia estuvo marcada en el espacio que requerían cada uno y el tiempo de retención hidráulico. Durante la experimentación, no se realizó ningún mantenimiento a ambos sistemas, lo que significó una desventaja para las lagunas. El análisis con respecto a la Concentración de Demanda Química de Oxígeno explica que el agua residual que ingresaba presentaba valores entre 430 ± 129 mg/L y 177 ± 44 mg/L. Posteriormente de ambos tratamientos, el efluente de las lagunas de estabilización presentaba 143 ± 41 mg/L (eficiencia de $64 \pm 15\%$), mientras que el DHS, 37 ± 18 mg/L (eficiencia de $91 \pm 5\%$). Además, de la DQO, se evaluaron otros parámetros como el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica del Oxígeno, Sólidos totales y sólidos Volátiles Suspendidos, donde el DHS tuvo mejores resultados. Por ello se concluyó con la verificación del excelente comportamiento en cuanto a la remoción de orgánicos y sólidos de un reactor DHS como post—tratamiento de un reactor UASB, trabajando a un tiempo de retención hidráulico corto y efectivo.

Quiroz, Miguel & Ferro, Luis (Lima, 2015) desarrollaron su investigación sobre la Eficiencia de la Remoción de Microorganismos patógenos (*Escherichia Coli* y *Salmonella*) respecto a la variación de tiempo de retención en el sistema DHS (Downflow Hanging Sponge) de primera generación con recirculación. La evaluación del trabajo se dividió en cuatro etapas con la variación descendiente del Tiempo de Retención Hidráulica de 1.5h, 1.5h, 0.9h y 0.75h manteniendo una relación directa con los caudales utilizados a lo largo de 163 días. Su objetivo principal fue determinar la remoción de microorganismos patógenos como la *Escherichia Coli* y *Samonella* con respecto a la variación del TRH, además de parámetros

fisicoquímicos. Cabe resaltar que la variación de TRH provocó cambios de Ph ácido con respecto a la primera fase y última; por otro lado, cuando el tiempo de retención fue de 1.5h y 0.90h se logró un pH neutro como exige la normativa. Sin embargo, no sucedió lo mismo con la remoción de patógenos, ya que en la primera y última fase se obtuvo mayor eficiencia en la remoción de Escherichia Choli del 99.982% y 88.961% respectivamente y en el caso de la Salmonella, en la primera y segunda fase se alcanzó una mayor eficiencia del 99.97% y 99.98% respectivamente. Al término, se contrastó los valores de la calidad del efluente demostrando que aún necesita un tratamiento para la eliminación parcial o completa que cumpla con la normativa vigente.

Valladares Araujo, Rosa (Ancash, 2016) desarrolló una investigación sobre la “Eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas en el tratamiento del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian, Ancash”. En este proyecto, se combina un sistema anaeróbico como el tanque séptico y un sistema aeróbico DHS-G3 siendo evaluado durante 6 meses. Los medios de soporte fueron esponjas prismas triangulares de espuma de poliuretano para tratar un caudal de 0.0018 L/s, y operar con un tiempo de retención hidráulica de 40 min. El objetivo era demostrar la eficiencia del reactor DHS-G3 como post-tratamiento en la Ciudad de Marian para el pozo séptico existente en la comunidad. Los resultados promedios de pH y temperatura en el afluente y efluente del DHS-G5 fueron de 7.10 y 7.60 y 13.88°C y 13.25°C respectivamente. La remoción promedia para los sólidos totales en suspensión (SST) fue de 85.61 %, para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fue de 51.55% y para la demanda química de oxígeno (DQO) fue de 44.51%. Al final, reconocieron la eficiencia del reactor DHS-G3 por la calidad de efluente con valores por debajo de los Límites Máximos Permisibles según D.S. 003-2010 MINAM, a excepción del parámetro de coliformes termotolerantes recomendando una unidad de operación adicional como la desinfección.

2.2.- Bases Teóricas

2.2.1 Aguas Residuales

El agua residual es aquella que al entrar en contacto con las actividades del ser humano alteran sus características originales y debido a su calidad es necesario un tratamiento previo antes de ser reusadas, tanto como para ser vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)

2.2.2.1. Agua Residual Doméstica

Agua residual doméstica también conocida como agua municipal, o agua sanitaria proviene de lugares comerciales, urbanizaciones e zonas institucionales de una ciudad o municipalidad colectada por el sistema de desagüe que proviene de los hogares. En general, agua residual doméstica contiene sólidos orgánicos e inorgánicos y microorganismos, generalmente bacterias. (G.L Karia, 2013, p.1-2)

Características físicas, químicas y biológicas del agua residual

El agua residual doméstica está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. Los contaminantes más importantes presentes en el agua residual que generan interés en su tratamiento, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1 *Contaminantes de interés para el tratamiento de aguas residuales.*

CONTAMINANTES	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
<i>Sólidos en suspensión</i>	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar a al desarrollo de depósitos de fango y de condición anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar en el entorno acuático.
<i>Materia orgánica biodegradable</i>	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si se descargan el entorno sin tratar su estabilización biología puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
<i>Patógenos</i>	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
<i>Nutrientes</i>	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
<i>Metales pesados</i>	Usualmente llegan a las aguas residuales desde actividades comerciales e industriales y puede que tengan que ser removidos si el agua residual va a ser reusada.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2014)

2.2.2. Descripción de la Planta de Tratamiento – CITRAR-UNI

El Centro de Investigación de Tratamientos de Agua Residual de la Universidad Nacional de Ingeniería, tiene la capacidad para tratar un caudal máximo de 10L/s de agua residual proveniente de la población aledaña; el Asentamiento Humano El Ángel y El Milagro. A continuación, una breve descripción de la planta de donde se extrajo el agua residual para el proyecto en mención.

2.2.2.1 Unidad de Captación

La planta de tratamiento de agua residual de CITRAR posee un sistema de funcionamiento organizado en unidades operativas.

Unidad de Captación y Regulación

La planta de CITRAR actualmente trata alrededor de 4L/s (diariamente) de agua residual, el cual ingresa por un conducto en la pared posterior de la Universidad Nacional de Ingeniería. (Ver figura 1)

2.2.2.2 Unidad de Pretratamiento

Rejas Gruesas

Ubicado en la primera parte del pre-tratamiento. Tiene por finalidad retener los sólidos gruesos que ingresen con el agua residual, como ramas, trapos, plásticos, latas, animales muertos, bolsas, residuos de vegetales, entre otros. Está reja es de acero con inclinación de 30° y cuenta con 32 barras de 5mm de espesor con separación entre barras de 25mm. (Ver figura 2)

Rejas Finas

Ubicada en aguas abajo de la cámara de rejas gruesas junto al desarenador. Conformado por dos cámaras de rejas de acero, colocadas en serie, con inclinación de 56° y cuenta con 19 barras de 5mm de espesor con separación entre barras de 15 mm. (Ver figura 3)

Desarenador

Esta unidad de operación tiene por objetivo separar el material inorgánico por sedimentación a través de una velocidad de 0.24 m/s aproximadamente, por un vertedero tipo sutro ubicado al final del desarenador. Existen dos desarenadores de flujo horizontal, sección rectangular y con tolva de sección trapezoidal para la acumulación de arenas, los cuales trabajan alternadamente.

Desde el desarenador se extiende una tubería de Policloro de vinilo (PVC) pesado de 8" de diámetro, a un repartidor de caudal, con dos vertederos de tipo triangular, instalado en paralelo. De este repartidor salen dos tuberías de PVC pesado de 6", que conducirán el caudal afluente de dos distribuidores ubicados en la parte superior del reactor UASB. (Ver figura 4)

UNIDAD DE PRE TRATAMIENTO – CITRAR FIA-UNI



Figura 1 *Unidad de Captación de CITRAR*



Figura 2. *Zona de rejas gruesas*



Figura 3 *Cámara de Rejas Finas*

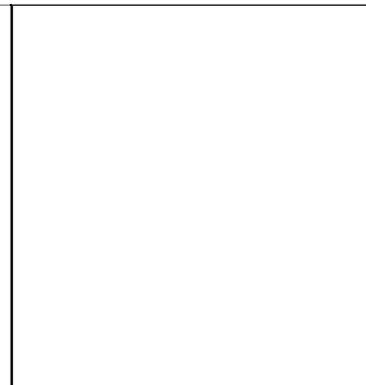


Figura 4 *Desarenador. CITRAR*

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Unidad de Tratamiento Primario

Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente (RAFA - UASB)

Su principal objetivo del Reactor UASB es la remoción de materia orgánica anaeróbicamente; es decir, en ausencia de oxígeno. El funcionamiento de esta unidad es de la siguiente manera: El agua residual ingresa hasta el fondo del reactor uniformemente distribuido (7 m aprox.) y luego asciende a través de un manto de lodos. Este manto de gran actividad biológica degrada la materia orgánica en cuatro procesos: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis generando como subproducto biogás, compuesto principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S).

El reactor UASB tiene una cámara de gases en la parte superior que permite liberar el metano y sulfuro de hidrógeno que se forma al interior para luego ser quemado.

El sistema de recolección de agua tratada se ubica en la parte superior de los sedimentadores y consisten, en dos canaletas laterales de sección triangular, ubicadas en la parte interna del RAFA, y, dos canaletas laterales de sección rectangular ubicadas en la parte lateral del RAFA. También cabe señalar la conexión mediante tuberías entre el reactor y la laguna de estabilización. (Ver figura 5)



Figura 5 *Reactor Anaerobio de manto de lodos de Flujo Ascendente*
Fuente: Elaboración propia

Lecho de secado de Lodos

Tiene por finalidad la estabilización del exceso de lodo que se retiran periódicamente del RAFA mediante la exposición a la radiación solar. Cuando el lodo húmedo es descargado al lecho, el agua es removida por percolación y en menor extensión por evaporación. Esta unidad está compuesta en su estructura por un medio filtrante de arena y grava y un sistema de drenaje por donde se evacuarán los lixiviados hacia el sistema de desagüe de la Planta. (Ver figura 6)



Figura 6 *Lecho de secado*

Fuente: CITRAR-UNI

2.2.2.3 Unidades de Tratamiento Secundario

Lagunas Facultativas de Estabilización

Constituido por dos (02) Lagunas del tipo Facultativas dispuestas en serie, cuya finalidad es la remoción de la materia orgánica biodegradable residual y de patógenos, a través de los siguientes procesos: sedimentación, digestión de lodos, estabilización aerobia de la materia orgánica, fotosíntesis con formación de algas, producción de O₂, y consumo de CO₂ entre otros. La idea es lograr la reducción del nivel de coliformes termotolerantes dentro de los límites indicados por las guías para la calidad del Agua tratada para desagües de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es decir, menores a 1,000 CF/100 ml.



Figura 7 *Lagunas Facultativas de estabilización.*

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 8, se observa el diagrama de flujo de planta de tratamiento de aguas residuales de CITRAR-UNI.



Figura 8 *Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales de CITRAR de la Universidad Nacional de Ingeniería.*

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Tratamiento biológico

Consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites máximos permisibles (LMP) y puedan

ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. (G.L. Karia, 2013, p.7)

Procesos biológicos utilizando microorganismos (en mayoría, bacterias) aprovechándose así su capacidad de asimilar la materia orgánica y otros nutrientes (nitrógeno y fósforo) que se encuentran disueltos en el agua residual para su crecimiento. En la etapa de reproducción, se agregan entre ellos y forman los flóculos macroscópicos con suficiente masa crítica como para decantar en un tiempo razonable. (R.A. Christian, 2006, p.7)

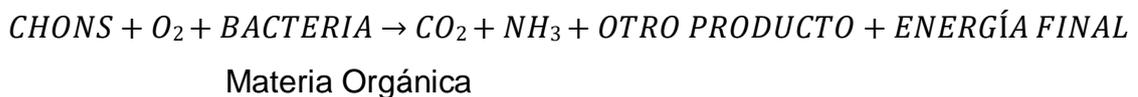
La mayoría de los procesos biológicos son procesos aerobios, principalmente debido a las ventajas que estos procesos presentan frente a los anaerobios. Sin embargo, los tratamientos anaerobios son también utilizados y juegan un papel importante en la degradación de los lodos generados.

Proceso Aerobio

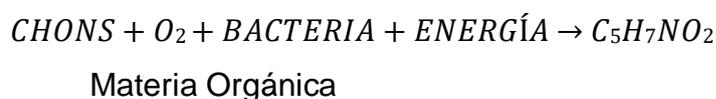
Es aquel donde la biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos, quienes ejecutan la oxidación utilizando oxígeno molecular como aceptor de hidrógeno (formando de este modo H₂O). El carbono de la materia orgánica disuelta en agua se convierte parcialmente en CO₂, con producción de energía y en parte es anabolizada para sintetizar materia celular. (Rigola Miguel, 1990, p.143)

La estequiometría del proceso aerobio es la siguiente:

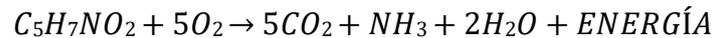
- Oxidación:



- Síntesis



- Respiración Endógena:



Proceso Anaerobio

Proceso de fermentación bacteriana por medio de la cual la materia orgánica es descompuesta, en ausencia de oxígeno disuelto, para producir una mezcla de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), participando cuatro familias de bacterias básicas: bacterias hidrolíticas, bacterias acetogénicas, bacterias metanogénicas y bacterias homo-acetogénicas; sin embargo, frecuentemente se habla de dos grandes grupos de bacterias.

El primer grupo es de bacterias anaerobias y facultativas que hidrolizan y fermentan los compuestos orgánicos complejos a ácidos simples y se les llama bacterias formadoras de ácidos. El segundo grupo, convierte el producto anterior en gas metano, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono. (López-Vázquez, 2008, p.268)

2.2.4 Reactor Downflow Hanging Sponge (DHS)

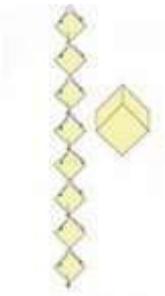
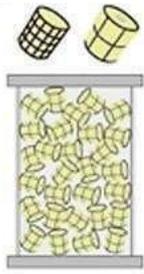
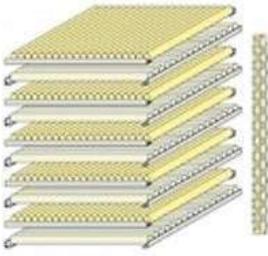
Downflow Hanging Sponge (DHS) o esponjas colgantes de Flujo Descendente (en español) es un sistema de filtración por percolación que fue desarrollado décadas atrás usando esponjas poliuretano como medio portador para el crecimiento de microorganismos heterótrofos. Las esponjas debido a su gran porosidad retienen las bacterias, estas a su vez en presencia del oxígeno degradan los contaminantes orgánicos, nitrogenados y fosforados del desagüe. (Wilasinee Yoochatchaval, 2014, p.656)

El reactor DHS fue desarrollado como un post tratamiento aeróbico de las aguas residuales domésticas, seguido del UASB El sistema DHS de primera generación fue un tipo cubo realizado a escala laboratorio. (Agrawal et al., 1997, p.433)

2.2.4.1 Tipos de Reactor D.H.S.:

La evolución de las formas de instalar las esponjas de poliuretano en los módulos de transferencia en un sistema de post-tratamiento Downflow Hanging Sponge (DHS) corresponde a seis tipos o generaciones que hasta la actualidad han sido estudiadas, las cuales en su mayoría fueron en la ciudad de Nagaoka, Japón.

Las esponjas empleadas en este sistema pueden desarrollar diferentes tipos de reactores de esponjas colgantes ya sean por cambios de su forma, endurecidas, o por su manera de ser apiladas; tal como se observa en la Tabla 2.

PRIMERA GENERACIÓN	SEGUNDA GENERACIÓN
 <p data-bbox="507 1357 624 1391">DHS G1</p>	 <p data-bbox="1018 1357 1142 1391">DHS G2</p>
TERCERA GENERACIÓN	CUARTA GENERACIÓN
 <p data-bbox="496 1895 619 1928">DHS G3</p>	 <p data-bbox="1050 1895 1177 1928">DHS G4</p>

QUINTA GENERACIÓN

SEXTA GENERACIÓN

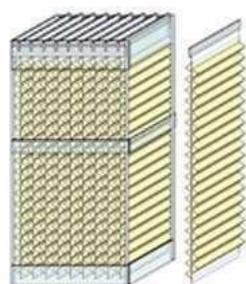
**DHS G5****DHS G6**

Figura 9 Tipos de Reactores DHS de acuerdo a la Distribución del Material Filtrante
Fuente: Hideki Harada, 2008, p.22

La primera generación comprende a las esponjas poliuretano en tipo cubo, investigado en primera instancia por Agrawal de 1995 a 1997. La segunda generación corresponde a las esponjas de poliuretano de tipo cortina, desarrollado en Japón entre los años de 1997 a 2001.

Luego, se investigó el reactor DHS de tercera generación o tipo filtro percolador entre los años 2001 y 2003. El DHS de cuarta generación trabaja con esponjas forradas; es decir, utiliza como base una hoja de plástico donde por ambas caras se colocan las esponjas. Investigado entre los años 2004 y 2005.

Los últimos dos tipos de reactores DHS investigados fueron el de quinta generación o tipo esponja continúa investigado a partir del 2004; y finalmente, el de sexta generación o tipo esponja endurecida investigado a partir del año 2005 que actualmente tiene dos presentaciones: en forma cilíndrica y hexagonal. La última fue presentada en su última exposición en Perú, el 18 de enero del presente año.

2.2.4.2 Rendimientos del Sistema de Post-Tratamiento DHS

En la siguiente tabla 3 se muestran los valores de eficiencia obtenidas en el tratamiento de agua residual por el reactor DHS de

acuerdo a las generaciones investigadas en la ciudad de Nagaoka, Japón.

Tabla 2 Eficiencia de los Reactores DHS en sus diversas Generaciones

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE REACTORES DHS						
	PRINCIPALES	DHS G1	DHS G2	DHS G3	DHS G4	DHS G5	DHS G6
Tiempo de Retención hidráulico (horas)		2.3	2	2.7	2	2.5	2
Remoción DBO (%)		97	96	98	96	95	96
Remoción DQO (%)		94	84	93	93	90	93
Remoción de sólidos suspendidos (%)		98	68	92	93	95	95
Remoción de coliformes fecales (log 10)		-	2.7	2.6	3.5	4	2.8
Capacidad de la esponja (%)		-	90-100	-	100-125	90-125	100

Fuente: Exposición "Indian-Japan International Collaboration for an innovative sewage treatment technology with cost-effective and minimum energy requirement"- Hideki Harada, 2008, p.22.

En la tabla anterior, el Doc. Harada expone las eficiencias de cada reactor con respecto a los parámetros más importantes al realizar un tratamiento de agua residual. Si hablamos de remoción de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), el DHS de tercera generación presenta una eficiencia muy alta de 98%. En el caso de Demanda Química de Oxígeno (DQO), el reactor más eficiente es el de primera generación o tipo cubo con un 94%; así mismo, para el parámetro de sólidos suspendidos con 98%.

Para la remoción de patógenos como lo son los coliformes termotolerantes o fecales, el DHS de quinta generación presenta una remoción alta e importante de 4 unidades logarítmicas lo que significa una buena alternativa de post-tratamiento del reactor UASB frente a las lagunas de estabilización.

2.2.4.3 Ventajas y desventajas DHS (esponjas colgantes de Flujo Descendente)

Como características generales de los modelos desarrollados se observa, en lo referente al DHS, las siguientes ventajas importantes:

- El DHS requiere menos área en comparación con otros procesos convencionales.
- La puesta en marcha de DHS es sencilla: el proceso obtiene una operación de estado estable dentro de las 4-6 semanas posteriores a la puesta en marcha, debido a estas ventajas, el DHS supera el inconveniente de los procesos de post tratamiento convencionales. (Ping 2010)
- No requiere extracción de lodo en exceso. (Vigneswaran 2009, p.308)
- No necesita aireación externa, y mucho menos necesidad de energía eléctrica.
- Sin atascos, sin retrolavado, sin mantenimiento laborioso.
- Alto rendimiento en TRH equivalente al proceso de lodo activado. (Harada 2008, p.25)

2.3.- Definición de términos básicos

- **Demanda Química de oxígeno:** La demanda química de oxígeno, DQO, se define como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con una muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno: mgO_2/L . (Carlos León, 2009, p.6)

La relación que existe típicamente en DBO_5/DQO es 0.5:1 para agua residual doméstica cruda y puede llegar hasta 01:1 para un efluente estabilizado. (Khaled Zaher, 2013, p.43)

- **Temperatura:** La temperatura mantiene una influencia directa en las reacciones químicas y biológicas, transferencia de gases,

concentración de oxígeno disuelto y las características de sedimentación de los sólidos biológicos en el tratamiento de agua residual. (Acuña Jorge & Verónica Ossio, 2013, p.23) Las temperaturas óptimas para la actividad están en el rango entre 25°-35°C.

- **Potencial de Hidrógeno:** Es la medida de acidez o alcalinidad del agua residual referida a la concentración del ion hidrógeno. El agua residual con una concentración extrema de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos, y si la concentración no es alterada antes de la descarga, afectará la calidad del curso de agua receptor, alterando el rango de pH que permite la vida acuática (entre 6 y 9). (R. Rojas, L. Visurraga – 2012, p.12)
- **Oxígeno Disuelto:** Según el reporte técnico CIMCOOL, el oxígeno que esta disuelto en el agua. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta.
- **Turbidez:** Es un parámetro usado para evaluar la calidad de los efluentes de un sistema de tratamiento de aguas residuales con respecto a su contenido de material suspendido coloidal y residual. En este trabajo, este parámetro nos ayuda a llevar un control diario del proceso de tratamiento. Sin embargo, no existe una correlación entre la turbiedad y los sólidos totales suspendidos en una muestra. (Tchobanoglous, et al, 2003, p.51).
- **Colmatación:** Crecimiento en exceso de microorganismos sobre un medio de soporte.
- **Biomasa** Conjunto de materia orgánica e inorgánica, susceptible a cambios de temperatura y pH del medio que se adhieren a distintas superficies.

- **Oxigenación:** Se logra por difusión de aire atmosférico en la muestra de agua o medio de soporte
- **Digestión Anaerobia:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo en ausencia de oxígeno.
- **Parámetro:** Valor numérico o dato fijo que se considera en el estudio o análisis de una característica, se refiere a una característica física, química y/o biológica de un efluente.
- **Hidrólisis:** Cierta tipo de bacterias que son llamadas bacterias hidrolíticas, son las primeras en procesar y preparar el material para el siguiente paso de descomposición.
- **Ácidogénesis o fermentación:** Cuando se completa la hidrólisis, si las condiciones son las adecuadas ocurre la acidogénesis, la cual consiste en una degradación por microorganismos de este tipo, de los azúcares de cadena corta, los aminoácidos y los ácidos grasos formados.
- **Acetogénesis:** La secuencia en este proceso anaerobio implica la conversión a hidrógeno, bióxido de carbono y ácido acético de los ácidos y alcoholes carboxílicos formados en el paso anterior de la acidogénesis.
- **Metanogénesis:** Por último, en la secuencia del metabolismo anaerobio microbiano, los microorganismos metanogénicos catabolizan el ácido acético que se forma de los ácidos grasos, azúcares y aminoácidos y lo transforman a metano CH₄.
- **Proliferación:**
Microalgas se desarrollan muy rápidamente y logran concentraciones muy por encima de niveles habituales.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto

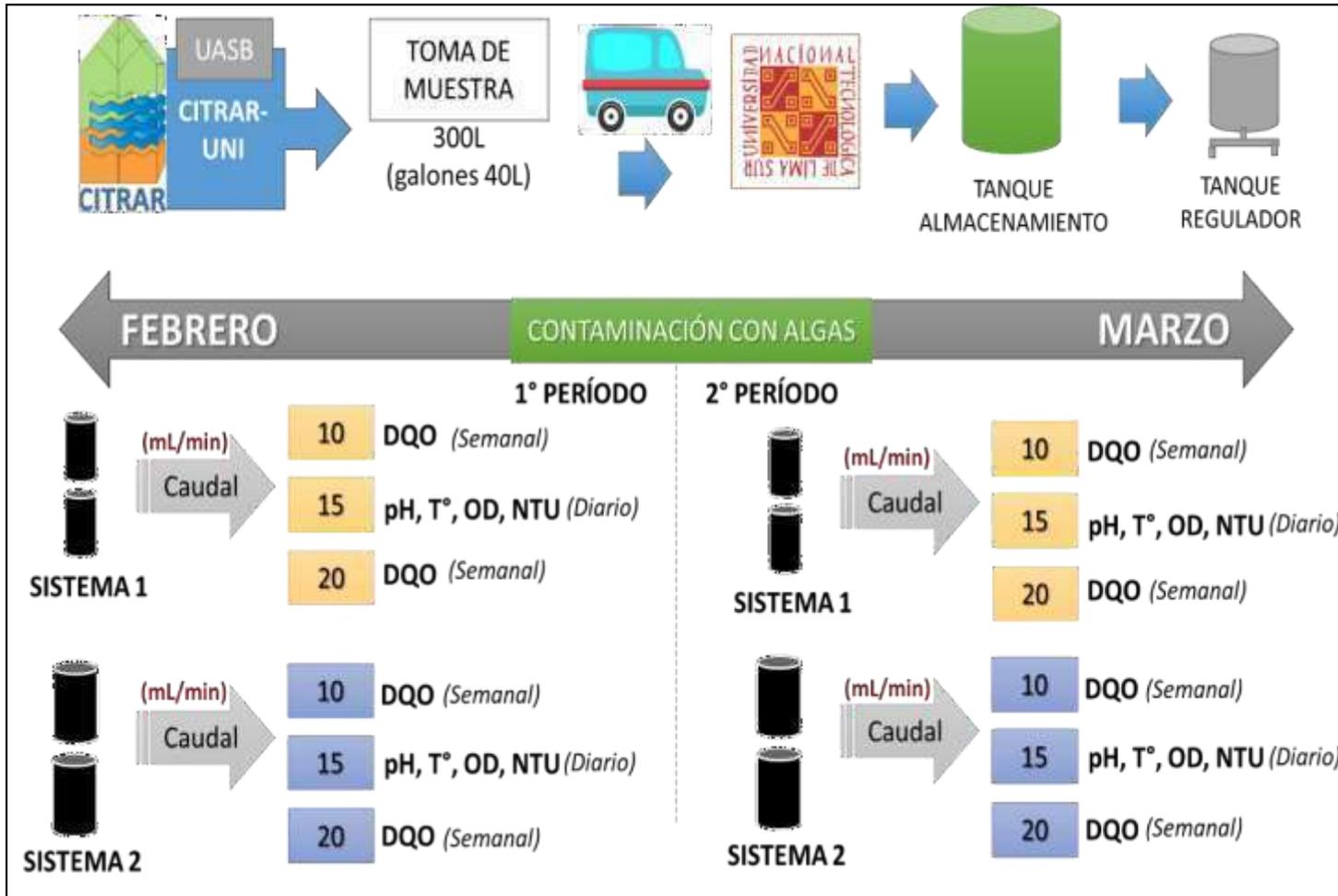


Figura 10 *Flujograma de las actividades a realizar durante los días de monitoreo.*

Fuente: Elaboración propia.

En esta sección se detalla el período y lugar donde se realizó la investigación, los criterios de diseño del Sistema DHS, la operación del sistema, el plan de muestreo, los procedimientos de muestreo y análisis en laboratorio, y los métodos de procesamiento de la información.

3.1.1 Período y lugar donde se desarrolla la investigación

La investigación se realizó en la ciudad de Lima-Perú en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS). El montaje del Reactor DHS se realizó en el estacionamiento interno, parte exterior del invernadero de la universidad, tal como se observa en la figura 9.

La presente investigación se desarrolló en 4 etapas:

- Etapa de diseño y configuración del módulo.
- Etapa de ubicación y construcción del módulo.
- Etapa de Monitoreo del reactor DHS.
- Etapa de la interpretación de los análisis y resultados.

La etapa de monitoreo de la investigación se realizó dentro de los meses de febrero y marzo durante la estación de verano presentando temperaturas altas entre 25°C y 31°C a una elevación geográfica de 143 msnm.

3.1.2 Ubicación y Muestra

El sistema Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación a escala piloto se ubicó en la zona oeste de las inmediaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, al costado del invernadero. (Ver figura11)



Figura 11 El área de color amarillo, es la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur y el punto azul es la ubicación del reactor DHS-G1, a la espalda del Invernadero de la UNTELS.

Fuente: Elaboración propia.

El agua residual que se trató en el reactor DHS de primera generación fue procedente de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro de Investigación de Tratamiento de Agua residual y Residuos Peligrosos CITRAR perteneciente a la Universidad Nacional de Ingeniería; exactamente del Efluente del Reactor UASB.

Se tomó muestra de 300L de agua residual (efluente del reactor UASB) semanalmente, trasladando en galones desde CITRAR-UNI hasta la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Cabe mencionar que la cantidad de muestra no afectaba la eficiencia de la Planta de Tratamiento en mención.



Figura 12 Ubicación del reactor UASB, de CITRAR-UNI.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Descripción general del sistema

En primer lugar, para el diseño del prototipo se eligió la generación o el tipo de DHS que se utilizará. En este caso, un reactor DHS de primera generación (G1) o tipo cubo; es decir, esponjas de poliuretano suspendidas en hileras por nylon. Es importante mencionar que el tratamiento realizado en la investigación es de tipo secundario.

El reactor DHS-G1 a escala piloto consistió en un tanque de almacenamiento, un sistema distribuidor del caudal, cuadro módulos: dos módulos al lado derecho y dos, en el lado izquierdo, trabajando paralelamente.

Además, un sistema recolector de efluente y dos sedimentadores. (Ver Figura 13)

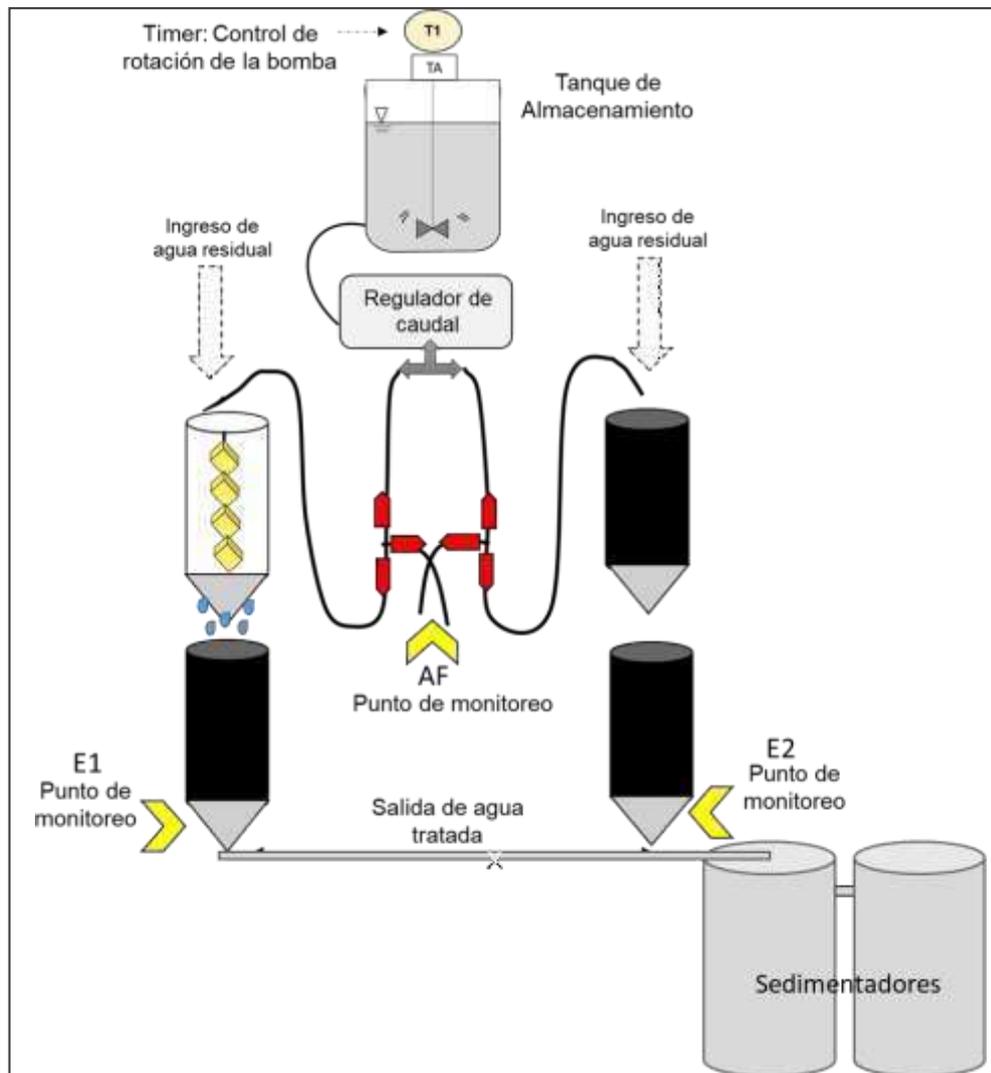


Figura 13 Diagrama de flujo del Reactor DHS de primera generación.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.1 Criterios de Diseño del Reactor DHS

El sistema de almacenamiento consistió en un tanque de plástico de 250L, el cual acumulaba el efluente del reactor UASB de CITRAR-UNI. Presentaba una válvula de control de salida que conectaba con el tubo de abasto para la entrada al tanque de Regulación. Esta válvula era de bronce de 1/12" de diámetro. El orificio de salida se encontraba ubicado 5cm (aproximadamente) del fondo del tanque de almacenamiento.

Luego, el agua residual ingresaba al tanque de Regulación. Un tanque de plástico de 30L. El ingreso del caudal a los sistemas fue regulado mediante seis válvulas de bronce de 1/8”.



Figura 14 Sistema de almacenamiento, tanque de Regulación de caudal y un distribuidor de caudal.

Fuente: Elaboración propia

El reactor DHS ha sido diseñado para tratar un caudal de 43.2 litros por día. El sentido del flujo fue vertical y descendente, un tratamiento aerobio. Para fines de la presente investigación, el Reactor DHS consistió físicamente de dos columnas, Sistema 1 y Sistema 2.

El Sistema 1, consistía en tubos de PVC de 4” de diámetro, para ambos módulos. Para el caso del Sistema 2, eran tubos de PVC de 6” de diámetro. Cada columna presentó dos módulos de transferencia de 50 cm de largo con una separación de 10cm, colocadas en serie. En su interior albergaban las esponjas colocadas en el número de serie, como se observa en la Tabla 4, en forma de cubos de 3.cm de arista ensartados diagonalmente en un hilo de nylon, por donde atraviesa el flujo hasta llegar al sistema recolector de efluente y finalmente, al tanque sedimentador. (Ver figura 15)

Tabla 3 Número de esponjas utilizadas en el Sistema 1 y 2.

	N° de esponjas suspendidas	N° de series
Sistema 1 (4")	27	3
Sistema 2 (6")	72	9

Fuente: Elaboración propia



Figura 15 Vista de los Sistemas 1 y 2 de la investigación.

El diseño de los sistemas 1 y 2 contaba con un sistema de distribución uniforme de flujo al ingreso de cada columna, por un recipiente de plástico con perforaciones y los embudos como receptores del efluente tratado. Estos embudos se utilizaron como conexión entre módulos de transferencia y entre el segundo módulo y el recolector de efluente (previo al tanque de sedimentación). (Ver figura 16)



Figura 16 Vista del sistema de distribución del flujo de ingreso y salida del reactor DHS en ambos Sistemas 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia

Los tanques sedimentadores fueron dos baldes de 20L ambos conectados entre sí. (Ver figura 13)

3.1.3.2 Selección del material filtrante

La selección del material de soporte fue realizada en base de las recomendaciones de investigaciones anteriores, donde mencionan a la esponja poliuretano como un material apropiado para el desarrollo de los microorganismos, una buena aireación del flujo (por la porosidad del material), durabilidad y de fácil manejo.

Para la investigación se utilizó la esponja Tipo V, el cual según bibliografía presenta mayor densidad y porosidad que favorecerá al tratamiento. Por ello se llevó a laboratorio de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur para el análisis de ambas características.



Figura 17 Esponja tipo V utilizada en el reactor DHS-G1

Fuente: Elaboración propia

- **DENSIDAD**

En mercado nacional existen diferentes marcas y variedad de esponjas clasificadas de acuerdo a su densidad. A mayor densidad, mejor calidad y mayor vida útil, además que el precio también incrementa.

Para nuestro trabajo los valores de densidad no son un factor relevante, como lo es la porosidad. Sin embargo, se calcula la densidad real y aparente de las esponjas porque representa un paso previo para hallar la porosidad.

- **POROSIDAD**

La densidad real y aparente de las esponjas se calculó con la relación peso/volumen para conocer su porosidad. Se utilizó 5 cubos al azar (previamente al tratamiento) y los resultados hallados se muestran en la tabla 6.

Se determina la Densidad Real

$$D_r = \frac{\text{Peso de la esponja seca (gr)}}{\text{Volumen de la esponja seca (cm}^3\text{)}}$$



Figura 18 Vista de las 5 esponjas que se analizaron, y el pesaje de cada uno de ellos.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la Densidad Aparente

- Se tomó 100mL de agua con una probeta y se vació en un vaso precipitado. (Ver figura 19)



Figura 19 Medición de 100mL en la probeta para hallar el volumen desplazado

Fuente: Elaboración propia

- Se dejó reposar la esponja en el recipiente para que absorba el agua.



Figura 20 Dejar reposar la esponja en el recipiente para que absorba el agua

Fuente: Elaboración propia

- Sacar la esponja con cuidado y se mide el volumen de agua en una probeta para mayor precisión. La diferencia es el Volumen Desplazado.

$$D_a = \frac{\text{Peso de la esponja mojada (gr)}}{\text{Volumen desplazado (ml)}}$$



Figura 21 El mismo procedimiento con las 5 esponjas.

Fuente: Elaboración propia

En la primera imagen, nos muestra que el procedimiento para hallar la densidad aparente se realizó para cada una de las cinco esponjas elegidas al azar. En la segunda, nos muestra las esponjas dentro de los

vasos precipitados absorbiendo el agua para posteriormente calcular el volumen de agua desplazado.

3.1.3.3 Caudal de diseño

El caudal de diseño para este trabajo de investigación fue de 30mL/min diariamente para cada Sistema (1 y 2). Sin embargo, las 24h previas al día de toma de muestra para la medición de DQO, el caudal cambiaba a 20mL/min o 10mL/ día según el cronograma de mediciones. Esto se planteó para evaluar la eficiencia de disminución de DQO con relación al caudal que ingresaba a los sistemas, tal como se señala en uno de los objetivos. Se eligió que fueran 24 horas antes, porque si se trabajan con más horas o días, habría probabilidad de que el día que toque medición de DQO sea un sábado o domingo, días en que CITRAR no da atención.

Se eligió 15mL/min diarios porque a mayor flujo, más rápido es el crecimiento de microorganismos sobre las esponjas.

3.1.3 Determinación de los Puntos de Monitoreo

Durante el trabajo de investigación se tomó en consideración cinco parámetros fisicoquímicos para el monitoreo como valores de control diario. Se estableció tres puntos de monitoreo para la realización de los análisis respectivos: AF, E1 y E2. (Ver figura 22)

Tabla 4 Puntos del monitoreo en el reactor DHS-G1

Puntos de monitoreo	
AF	Afluente del reactor DHS-G1
E1	Efluente del Sistema 1 ("4")
E2	Efluente del Sistema 2 ("6")

Fuente: Elaboración propia



Figura 22 *Puntos de Monitoreo en el Reactor DHS-G.*

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Características del afluente del DHS-G1

Cabe mencionar que el agua residual doméstica proveniente de CITRAR-UNI; exactamente el efluente del reactor UASB, tras el traslado debe mantener valores iniciales o cercanos de la planta de tratamiento para tener condiciones iniciales similares en el reactor de la investigación. (Ver tabla 5)

A continuación, se presenta los valores de medición con respecto a los parámetros fisicoquímicos del agua residual doméstico de la planta que se evalúan mensualmente en la planta de Tratamiento de CITRAR-UNI. El siguiente cuadro corresponde al mes de febrero.

Tabla 5 Resumen de los Resultados del mes de Febrero.

Parámetros / Unidades de Tratamiento	Captación	Afluente del UASB	Efluente del UASB	Eficiencia del UASB (%)	Laguna Secundari	Laguna Terciaria	Eficiencia de Remoción de (%)
DBO (mg/L)	267.4	188.3	69.6	63.4	77.3	63.2	76.36
DQO total (mg/L)	695	478	232	51.46	311	297	57.27
Sólidos Suspendidos (mg/L)	100	70	26	62.86	168	114	32.14
Turbiedad (NTU)	180.33	180.97	78.18	56.8	NM	NM	56.65
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	2.10E+08	NM	NM	NM	NM	3.60E+07	0.77 uni log.

NM: Parámetro No Medido.

Fuente: Centro de Investigación de Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos. (CITRAR)

3.1.4 Procedimiento y equipos de Monitoreo

La técnica de tomas la muestra que se utiliza en este trabajo aseguran la obtención de muestras representativas para un análisis eficaz.

Las muestras fueron tomadas en envases de vidrio de 100mL con tapa azul, en los puntos AF, E1 y E2 del reactor. En el caso de la toma de muestra del punto AF, presentaba una válvula que era utilizada para este fin. En los puntos E1 y E2, como se observa en la figura 15, presentaban un embudo respectivamente que ayudaba a la toma de muestra.

Al término, se tapaban las botellas y se llevaban rápidamente al Laboratorio de Química de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur sin generar mucho movimiento que pueda generar oxigenación en las muestras tomadas y altere los resultados.



Figura 23 *Fascos para toma de muestras.*

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Parámetros de Medición y Control: Métodos Analíticos

3.1.5.1 Parámetros Físicoquímicos

- ***Temperatura***

La medición de la Temperatura fue realizada con el multiparámetro portátil HQ40D de la marca HACH, con la sonda PH/Temperatura que pertenece a la Institución de Educación Ambiental. (Ver figura 23)

- ***Potencial de Hidrógeno***

La medición de pH fue realizada con el multiparámetro portátil HQ40D de la marca HACH, con la sonda PH/Temperatura que pertenece a la Institución de Educación Ambiental.

El procedimiento constaba en vaciar las muestras de los frascos de tapa azul aproximadamente 30mL hacia vasos precipitados (capacidad de 100mL), sumergir el sensor y esperar que la lectura se estabilice. Luego, se anotó los resultados.



Figura 24 *Medición de pH del punto E1 con el Multiparámetro portátil HQ40D*

Fuente: Elaboración propia

- ***Turbiedad***

La medición de turbiedad se realizó con el equipo Micro 950 Turbidity Meter de la Marca Palintest que pertenece al laboratorio de Química Ambiental, de la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

Procedimiento de análisis: Luego de haber tomado las muestras en los puntos establecidos y ser llevados a Laboratorio de Química, se prendía el equipo (botón ON/OFF). Luego, se vaciaba aproximadamente 10mL en una de las celdas de vidrio cogiéndolo con papel tissue para que posteriormente se limpiará con el mismo papel, de tal manera que no existiera ningún polvillo o material sedimentado sobre la celda. Se introducía la celda al compartimiento. Se tapaba, se presionaba el botón READ/ENTER y se medía la turbiedad en la pantalla del equipo.

Unidad de medición es Nephelometric Turbidity Unit (NTU) que es igual a Formazin Turbidity Unit (FTU). (Ver la figura 25)



Figura 25 *Medición de la turbidez del punto E2.*

Turbidímetro.Micro950

Fuente: Elaboración propia

- ***Oxígeno Disuelto (OD)***

La medición del Oxígeno Disuelto fue realizada con el multiparámetro portátil HQ40D de la marca HACH, con la sonda PH/Temperatura que pertenece a la Institución de Educación Ambiental.

El procedimiento de análisis iniciaba conectando el sensor de LOD (Oxígeno Disuelto), luego se encendía el multiparámetro verificando la conexión en la pantalla cuando se visualizaba las unidades de mg/L. Se abría el frasco de tapa azul y se sumergía el sensor esperando la estabilización de la lectura. Mientras más bajo sea los valores de OD, mayor será el tiempo que demore en estabilizarse el resultado. Se procedía a anotar el resultado. (Ver figura 26)



Figura 26 *Medición de Oxígeno Disuelto del punto E1.
Multiparámetro portátil HQ40D*

Fuente: Elaboración propia

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

La determinación de la Demanda Química de Oxígeno fue realizada en el laboratorio de CITRAR, de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, de acuerdo con el método Colorimétrico de Flujo Cerrado de los “Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales” de la Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association - APHA), Asociación Norteamericana de Obras Sanitarias (American Water Works Association - AWWA) y Federación Ambiental del Agua. (Water Environment Federation – WEF) 23va edición, 2017. Para el análisis se utilizaron viales para DQO marca Hach, un digester DBR 200 marca HACH (Ver figura 26) y el colorímetro digital DR/890 marca HACH. (Ver figura 27)



Figura 27 Viales para DQO, Digestor DBR 200 y colorímetro DR/890.

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de análisis

Proceso de Digestión: En primer lugar, se encendió el equipo digestor marca HACH DRB 200 y se programó para el análisis de DQO a una temperatura de 150 °C. Dura aproximadamente 30 minutos en calentar. Luego, se abrió el frasco de toma de muestra y se homogenizó con una bagueta.

Se cogió cuidadosamente los viales marca HACH para DQO, y se sacó la tapa, se inclinó 45° (aproximadamente) y pipeteó 2.5mL de muestra en él. Posteriormente, se tapó rápidamente y se agitó invirtiendo muchas veces con la finalidad de mezclar bien los contenidos. Es importante recalcar que una vez agregado la muestra, se debe sujetar el vial de la parte superior (de la tapa) porque el vial empieza a calentar.

Además, se preparó un vial blanco (Blanco de medición, agua destilada) repitiendo los pasos anteriores utilizando en vez de muestra, 2.5mL de agua destilada. Luego de tener nuestros viales listos, se colocó en el digestor HACH DRB 200 a 150°C durante 120 minutos. Al término, el digestor se apaga solo y empieza a

descender la temperatura enfriándose los viales. Proceso que demora aproximadamente 2 horas.

Lectura: Una vez concluido con el proceso de digestión, se continuó con el proceso de lectura utilizando el Colorímetro DR/890 marca HACH. Se prendió el equipo y se seleccionó el programa N°17 DQO y se introdujo el adaptador de viales en el contenedor de celdas del equipo. Para hacer la lectura de cada vial es importante limpiar el exterior de los viales con papel tisú, con la finalidad que no haya interferencias al usar el colorímetro. Para iniciar la lectura, primero se colocó el vial denominado Blanco en el Colorímetro y se presionó el botón ZERO. Posteriormente, se colocó el resto de los viales con muestra en el equipo y para la lectura de DQO, se presionó el botón READ.

Es importante disponer los viales usados de modo adecuado, pues contienen mercurio y son tóxicos.



Figura 28 *Proceso de digestión y lectura de viales.*

Fuente: Elaboración propia

3.1.6. Periodicidad de Monitoreo

La periodicidad de los análisis monitoreados fue variable dependiendo del parámetro a medir. En algunos casos, los valores obtenidos fueron promedio de toda la semana de evaluación y en el caso de Demanda Química de Oxígeno (DQO), fueron valores obtenidos dos mediciones durante la semana. (Ver tabla 6)

Tabla 6 Periodicidad de los parámetros evaluados.

	HORARIO DE MONITOREO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Caudal	7am - 7pm	Diaria
PARÁMETROS FISICOQUÍMICO		
Temperatura	7am – 7pm	Diaria
pH	7am – 7pm	Diaria
Oxígeno Disuelto	7am – 7pm	Diaria
Turbidez		Diaria
Demanda Química de Oxígeno	7am	Dos veces por semana.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.7 Mantenimiento del Reactor DHS-G1

El mantenimiento que se realizó al reactor DHS de primera generación fue el siguiente:

- Se cubrió con plástico negro para evitar el desarrollo de algas por fotosíntesis en todos los componentes del prototipo.
- La calibración del caudal en el reactor fue diario debido a que las válvulas eran en dimensiones pequeñas y el flujo cargado de sólidos los obstruía. Además, dentro de la investigación se menciona, en el punto 3.1.3.3 *Caudal de diseño*, la necesidad de hacer el cambio de caudal para evaluar la relación entre Caudal y la disminución de Demanda Química de Oxígeno.

- Se revisó a diario que la distribución sea homogénea en la entrada de cada sistema 1 y 2 y obtener resultados reales.
- Se cubrió el tanque de almacenamiento para evitar el ingreso de polvo u otros objetos extraños.
- Se lavó los tanques de almacenamiento y regulados semanalmente.
- En la entrada de cada Sistema, presentaba un recipiente de plástico el cual se limpió interdiariamente para evitar la obstrucción de las perforaciones que permitían el ingreso del agua residual.

3.1.8 Análisis de las propiedades físicas de las esponjas

De acuerdo a la metodología, se trabajó con cinco esponjas elegidas al azar antes de ser introducidas a los Sistemas 1 y 2, para conocer su densidad real, aparente y finalmente su porosidad.

Este análisis nos ayudó porque al conocer su porosidad de la esponja, descubrimos la capacidad que tiene para albergar a los microorganismos y permitir su actividad biológica para el tratamiento del agua residual. Otro punto importante, es la aireación al interior de la esponja. Valor que guarda una relación directa con la porosidad.

De acuerdo a la Tabla 7, se observa que las dimensiones de cada esponja rodean los 3x3x3 cm³, el cual fue el tamaño ideal inicial para la investigación. Luego de que se obtuvo las medidas de cada esponja y su masa inicial, procedimos a hallar las respectivas densidades tanto reales y aparentes.

Tabla 7 Análisis físico de las esponjas utilizadas en el Reactor DHS-G1

N° Esponja	Dimensiones (cm)			Masa esponja seca (g)	Vol. esponja (cm)	Masa esponja mojada (g)	Vol. desplazado (mL)	Densidad Real (g/cm3)	Densidad Aparente (g/cm3)	Porosidad (%)
	Largo	Ancho	Alto							
I	3.1	3.1	3	0.7	28.83	4.0	26	0.02	6.50	99.65
II	3.2	3.1	2.9	0.6	28.77	1.4	25	0.02	17.86	99.89
III	3.0	3.0	2.8	0.6	25.20	3.2	18	0.02	5.59	99.58
IV	3.2	3.0	3.1	0.7	29.76	5.2	31	0.02	5.93	99.63
V	3.2	3.1	3	0.7	29.76	3.2	27	0.02	8.44	99.72
PROMEDIO										99.69

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa, la Densidad Real es igual para las cinco esponjas a pesar de tener un volumen diferente. Con respecto a la Densidad Aparente, la mayor porosidad obtuvo la segunda esponja con un 17.86 g/cm^3 debido a la poca masa que tenía después de absorber el agua.

Los resultados indican que la segunda esponja obtuvo un porcentaje máximo de porosidad de 99.89%, mientras la tercera esponja obtuvo un porcentaje mínimo de 99.58%. Siendo el porcentaje de porosidad promedio de 99.69%.

3.1.9 Operación y Monitoreo Diario

Durante los días de trabajo, se realizó un monitoreo diario de los parámetros de Potencial de Hidrógeno, temperatura, Oxígeno Disuelto y turbidez para así reconocer y mantener nuestro reactor en condiciones estables para lograr la Disminución de la Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO), tanto en el período 1 y 2 con un caudal mayor y menor.

PRIMER PERÍODO: 19/02 – 27/02

Potencial de Hidrógeno (pH)

Para los valores diarios de la tercera semana de Febrero se obtuvo como valor mínimo de 7.54 para el Afluente, 7.98 para el Sistema 1 y 7.99 para el Sistema 2. Los valores máximos fueron 8.14 para el Afluente, 8.89 para el Sistema 1 y 8.8 para el Sistema 2. Siendo los valores promedios de pH durante la etapa de medición fueron 7.99 para el Afluente, 8.24 para el Sistema 1 y 8.27 para el Sistema 2.

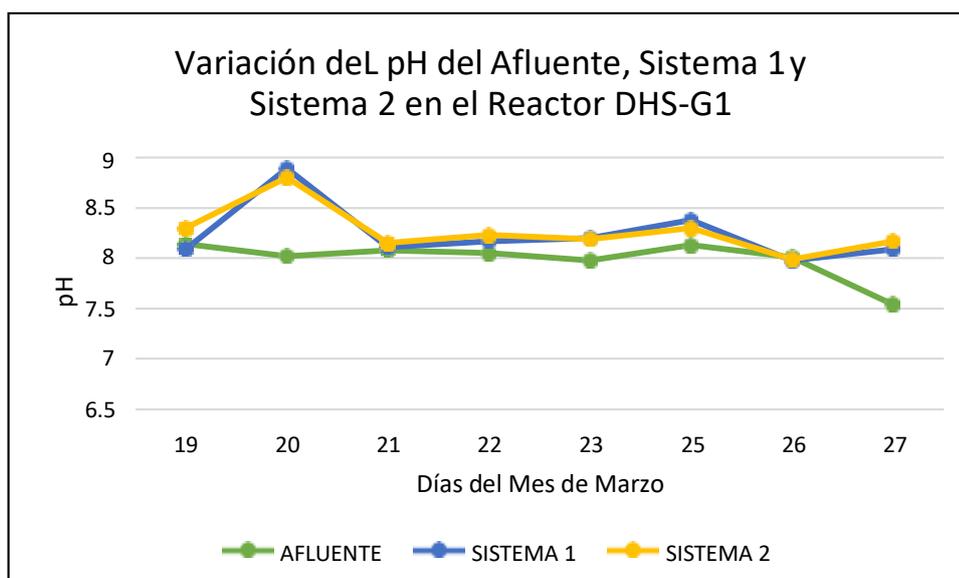


Figura 29 Potencial de Hidrógeno - 1° período v. Tiempo (Medición diaria)
Fuente: Elaboración propia

Temperatura

Los resultados de la medición diaria (ver Figura 30) indican que, para el caso de la muestra del Afluente, la temperatura tuvo un valor mínimo de 24.5°C y máximo de 27.3 durante todo el período de evaluación. Siendo la Temperatura promedio de 26.03°C durante la semana de actividad.

Para el caso de la muestra del Sistema 1, la temperatura tuvo un valor mínimo de 25.2 y máximo de 27.3 durante el período de evaluación. Siendo la temperatura promedio de 26.07 durante la semana de actividad.

Y para el caso de la muestra del Sistema 2, la temperatura tuvo un valor mínimo de 24.7 y máximo de 26.8 durante el período de evaluación. Siendo la temperatura promedio de 25.93 durante la semana de actividad.

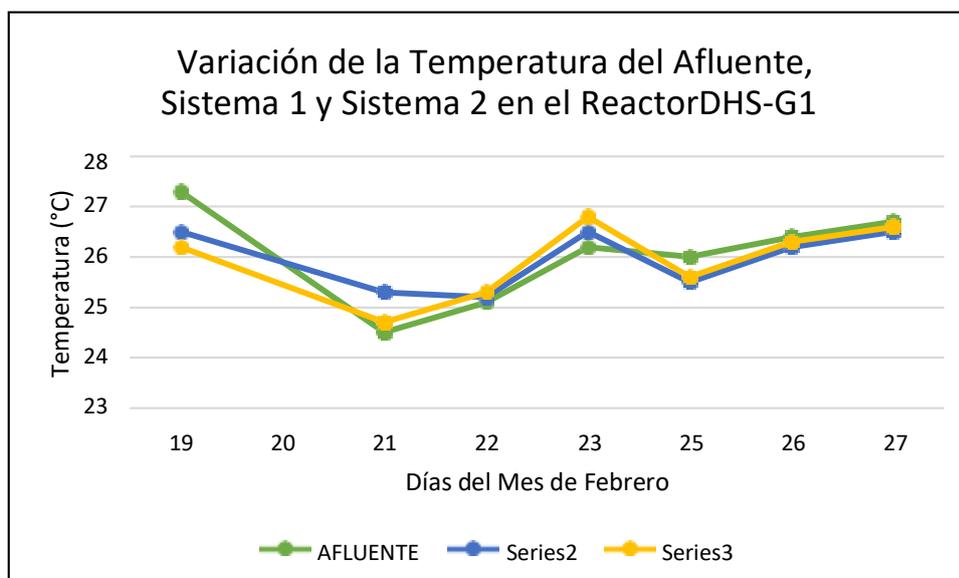


Figura 30 Temperatura - 1° período vs. Tiempo (Medición diaria)
 Fuente: Elaboración propia

De la figura 30, se observa que a partir del día 25 de Febrero la temperatura del Afluente empezó a ascender y se prolonga durante los siguientes días. Esto debido a que la temperatura ambiente en los días 24, 25, 26 y 27 de Febrero presentó altos valores alcanzando los 29°C según lo señala AccuWater, compañía de medios estadounidense que proporciona servicios comerciales de pronóstico del tiempo en todo el mundo.

Turbiedad

De la figura 31, en el caso del afluente, obtuvo un valor mínimo de 65.9NTU y un valor máximo de 80.4NTU. Siendo su valor promedio de 74.58NTU. Para el Sistema 1, su valor mínimo fue de 8.46NTU, valor máximo de 45.2NTU y su valor promedio de 24.05NTU. Para el Sistema 2, su valor mínimo fue de 4.69NTU, valor máximo de 35.3NTU y su valor promedio de 18.73NTU.

Entonces, podemos afirmar que la eficiencia del Reactor DHS de primera generación se incrementó con el pasar de los días, iniciando con un valor de eficiencia de 43.78% y 56.09% en el Sistema 1 y Sistema 2

respectivamente. Al término de la semana de evaluación, se alcanzó una eficiencia máxima de 87.16% y 92.88% el día 26 de Febrero.

Al incrementar la biomasa en el material filtrante (esponjas tipo cubo) con el paso de los días, mayores fueron las eficiencias obtenidas por cada sistema; sin embargo, en el Sistema 1 alcanzaron una eficiencia menor de remoción a comparación del Sistema 2. Esto debido al tamaño del diámetro de sus módulos de transferencia de ambos sistemas, que guarda relación directa con la cantidad de hileras de esponjas.

Es importante mencionar que la eficiencia hallada en cada sistema fue con respecto al Afluente, agua residual que ingresaba al Reactor DHS.

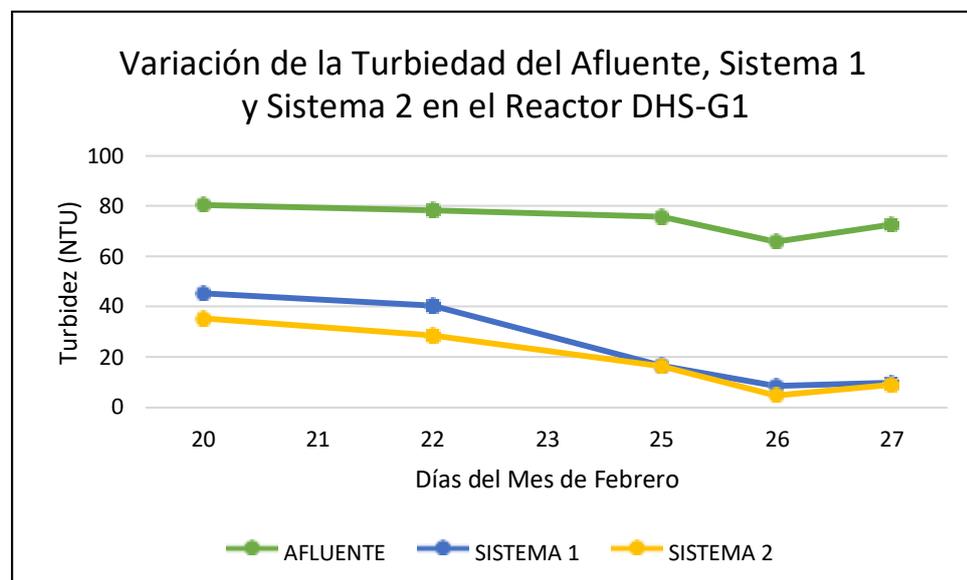


Figura 31 *Turbiedad - 1° Período vs. Tiempo (Medición diaria)*
Fuente: Elaboración propia

En los días 25, 26 y 27 de Febrero al realizar la toma de muestra en los respectivos puntos para el análisis de Turbidez, se observó al agua residual ingresante y agua tratada con tonos de color verde, por lo que nos llevó a revisar el tanque regulador de caudal, los módulos de transferencia y sus respectivas esponjas, para posteriormente verificar la aparición de algas.

A pesar del crecimiento de algas en las esponjas, la eficiencia en la disminución de turbidez no se vio afectada como se puede observar en la

figura 31. Pese a ello, se obtenía un agua tratada de color verde que si llegará ingresar a un cuerpo de agua receptor podría ocasionar problemas de afloramiento de algas y posteriormente, eutrofización reduciendo la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua.

Oxígeno Disuelto (OD)

De la figura 32 se observa resultados de medición de Oxígeno Disuelto de tres días y esto debido a la falta de accesibilidad del equipo Multiparámetro HDQ40.

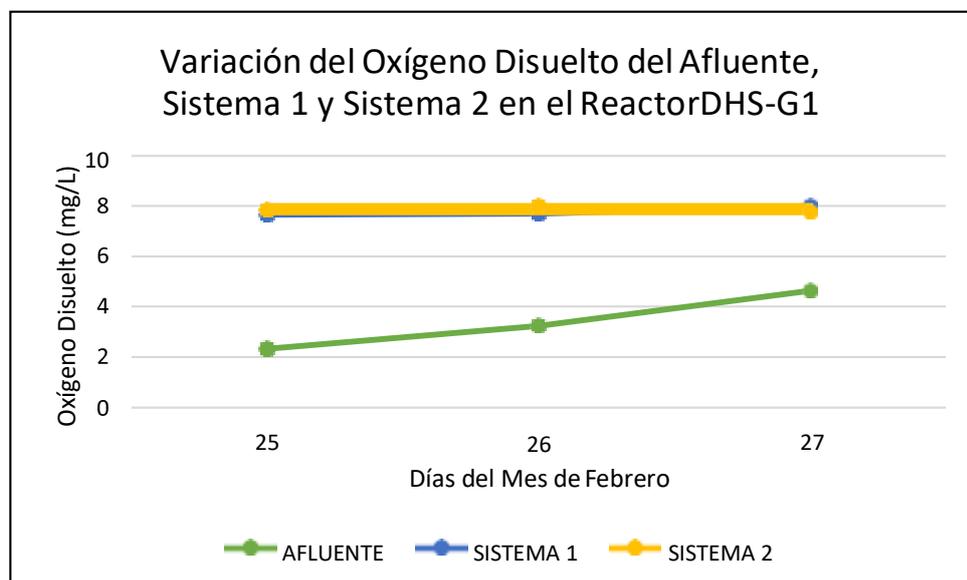


Figura 32 Oxígeno Disuelto - 1° Período vs. Tiempo (Medición diaria)

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se aprecia que los valores de Oxígeno Disuelto del afluyente van ascendiendo con el paso de los días. Entonces, ello se considera un comportamiento atípico del Reactor DHS, en específico del tanque de almacenamiento y tanque regulador ya que el agua residual que se trata proviene de un Reactor UASB (estrictamente anaeróbico) lo que significa que su OD es muy cercano a cero.

Con respecto a los resultados de los Sistemas 1 y 2, por tratarse de un tratamiento aeróbico, se entiende el aumento en los valores de OD ya que es muy importante una buena oxigenación para la remoción de materia orgánica e inorgánica.

SEGUNDO PERÍODO: 04/03 – 22/03

Potencial de Hidrógeno (pH)

Para los valores diarios durante el mes de Marzo se obtuvo como valor mínimo 6.83 para para el afluente, 7.44 para el Sistema 1 y 7.81 para el Sistema 2.

Los valores máximos fueron 8.27 para el Afluente, 8.57 para el Sistema 1 y 8.47 para el Sistema 2. Siendo los valores promedios de pH 7.55 para el Afluente, 8.07 para el Sistema 1 y 8.14 para el Sistema 2.

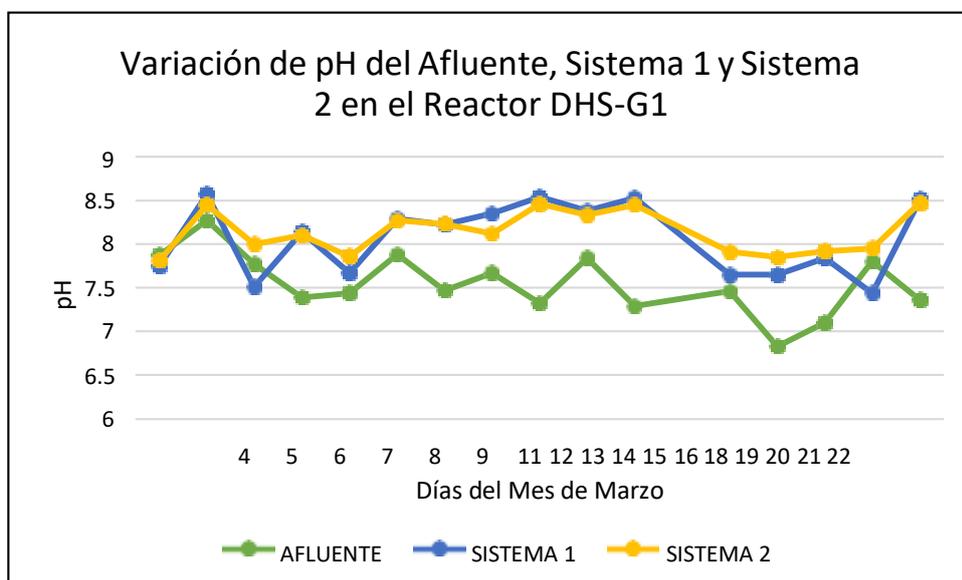


Figura 33 pH - 2ºPeríodo vs. Tiempo (Medición diaria)

Fuente: Elaboración Propia

Temperatura

Los resultados de la medición diaria (ver Figura 34) indican que, para el caso de la muestra del Afluente, la temperatura tuvo un valor mínimo de 22.8°C y máximo de 26.4°C. Siendo la Temperatura promedio de 24.16°C durante todo el período de evaluación.

Para el caso de la muestra del Sistema 1, la temperatura tuvo un valor mínimo de 22.3°C y máximo de 26.5°C. Siendo la temperatura promedio de 23.96°C durante el período de evaluación.

Y para el caso de la muestra del Sistema 2, la temperatura tuvo un valor mínimo de 22.1°C y máximo de 26.1°C Siendo la temperatura promedio de 23.76 durante el período de evaluación.

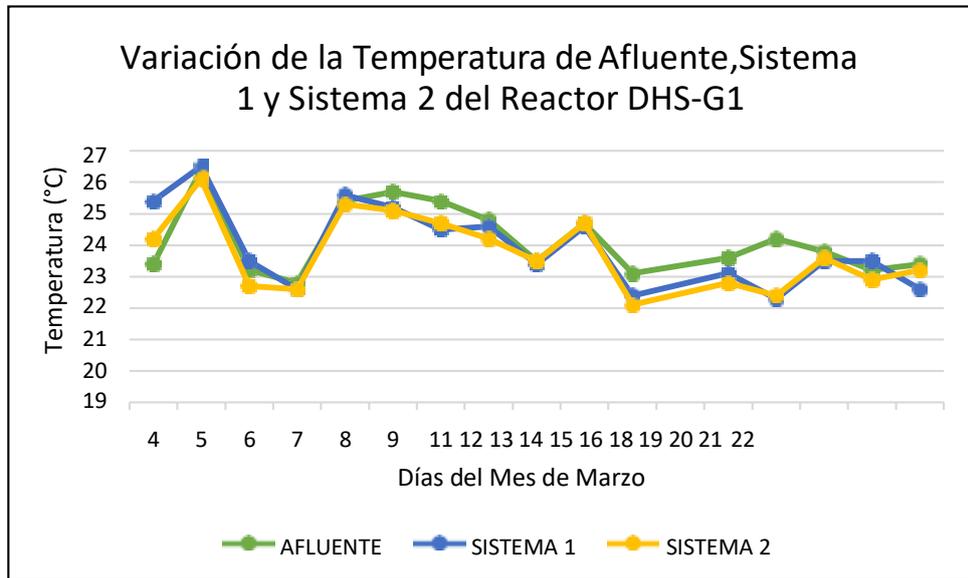


Figura 34 Temperatura – 2° Período vs. Tiempo (Medición diaria)
Fuente: Elaboración Propia

Turbiedad

De la figura 35, el afluente obtuvo un valor mínimo de 64.7NTU y un valor máximo de 90NTU. Siendo su valor promedio de 75.83NTU durante el período de evaluación.

Para el Sistema 1, su valor mínimo fue de 4.47NTU, valor máximo de 32.4NTU y su valor promedio de 12.33NTU. Para el Sistema 2, su valor mínimo fue de 2.92NTU, valor máximo de 26.7NTU y su valor promedio de 10.63NTU durante el período de evaluación.

Entonces, se observa que la eficiencia en la disminución de turbidez del afluente en el Reactor DHS de primera generación se incrementó con el paso de las semanas. Se inició con una eficiencia de 55.12% y 63.02% en el Sistema 1 y Sistema 2 respectivamente, porcentajes relativamente altos que a pesar del cambio de esponjas y reinicio del reactor se les considera como resultados positivos. Al término de las tres semanas de

evaluación, se alcanzó una eficiencia máxima de 93.35% y 95.65% para el Sistema 1 y 2, respectivamente.

El factor que permitió los resultados obtenidos fue la actividad biológica de los microorganismos establecidos sobre las esponjas (tipo cubo) que incrementaron en las semanas de evaluación. Además, la propia porosidad de la esponja de 99.69% ayudo en la retención de los sólidos suspendidos totales presentes en el agua residual que ingresaba a ambos sistemas.

Como se muestra en la figura 35, hubo una mayor eficiencia en el Sistema 2 que en el Sistema 1, logrando obtener un valor mínimo de 2.92NTU el día 21 de marzo. Entonces, se puede aseverar que el motivo fue el tamaño de los módulos de transferencia, ya que el Sistema 2 al tener mayor diámetro se le incorporó mayor cantidad de hileras de esponjas, presentando así más espacio para el desarrollo de la biomasa.

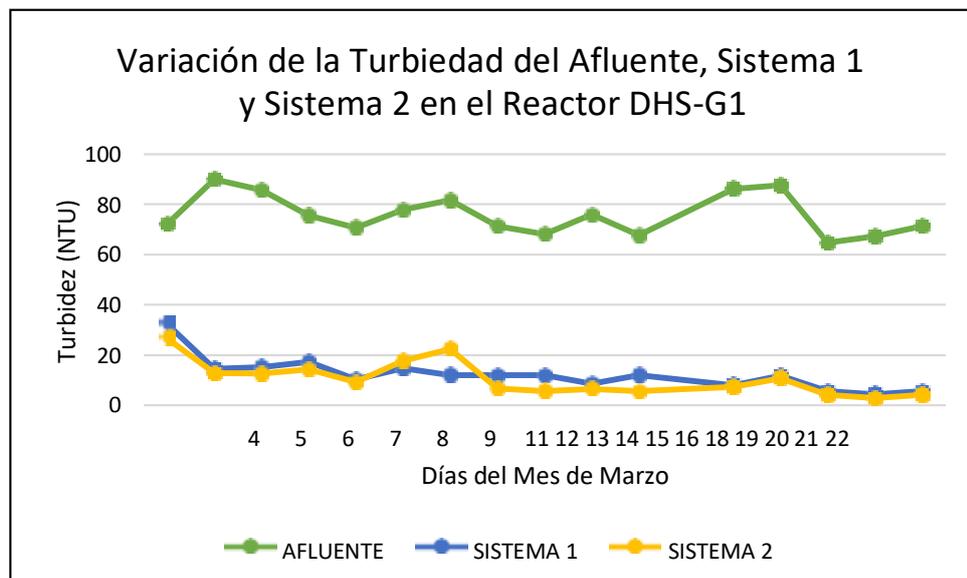


Figura 35 *Turbiedad – 2° Período vs. Tiempo (Medición diaria)*
Fuente: Elaboración Propia

Oxígeno Disuelto (OD)

De la figura 36 se puede apreciar que en el punto de muestreo del Afluente se obtuvo un valor mínimo de 0.11mg/L y un valor máximo de 1.82mg/L. Siendo el Oxígeno Disuelto promedio de 0.75mg/L. Esto puede

deberse a que la muestra haya estado expuesto al medio ambiente durante la toma la muestra o que la agitación en el tanque de almacenamiento airee el agua residual en un porcentaje poco considerable. Pese a ello, los resultados no se alejan de ser cero, dado que afluente proviene de un tratamiento anaeróbico UASB.

En el caso del Sistema 1, presentó un valor mínimo de 7.43mg/L y un valor máximo de 8.22mg/L de Oxígeno Disuelto en su efluente. Además, un valor promedio de 7.93mg/L, lo que significa que en el Sistema 1 tuvo una buena oxigenación que favoreció la actividad biológica durante el período de evaluación.

En el Sistema 2, su efluente presento un valor mínimo de 7.48mg/L y un valor máximo de 8.09mg/L. Como valor promedio tuvo 7.80mg/L de Oxígeno Disuelto, lo que significa una oxigenación adecuada a lo largo del sistema.

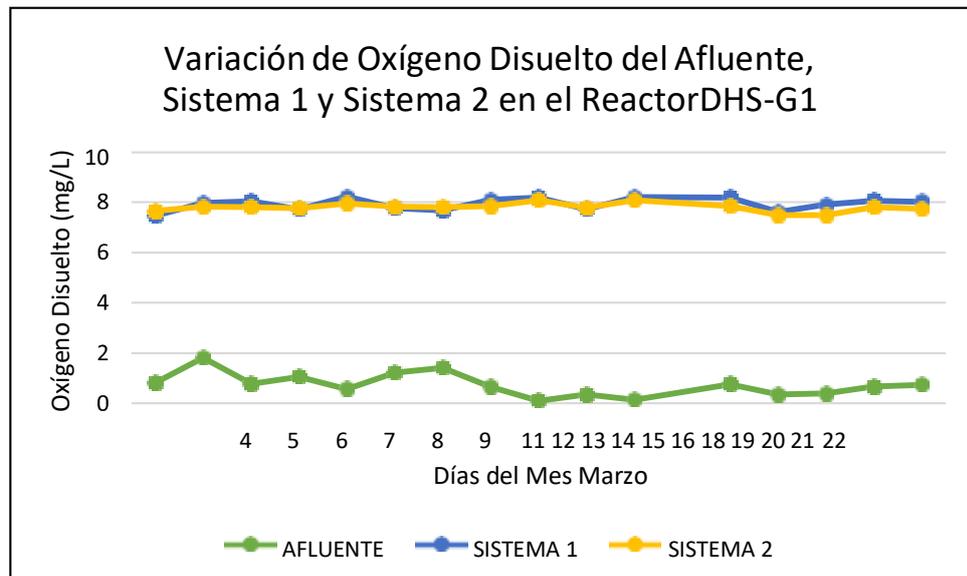


Figura 36 Oxígeno Disuelto vs. Tiempo (Medición diaria)

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Resultados

En la siguiente sección se presentan los resultados de monitoreo obtenidos durante los meses de febrero y marzo, en el Reactor Downflow Hanging Sponge de Primera Generación (DHS-G1) en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Durante el proceso de evolución del Reactor DHS-G1 y la disminución de Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO), se ha optado por diferenciar dos períodos en este estudio por una contaminación de algas que más adelante se detalla.

3.2.1 PRIMER PERÍODO: 19/02 – 27/02

El Reactor Downflow Hanging Sponge de primera generación (DHS-G1) inició su tiempo de arranque el día 11 de Febrero del presente año y tuvo una semana de adaptación en la cual no se realizó ningún monitoreo de algún parámetro fisicoquímico, solo se revisó que el Caudal (Q) que ingresaba sea el mismo tanto para el Sistema 1 y Sistema 2. Se inició con una caudal de 15mL/min en cada uno para que el agua residual haga contacto con la mayoría de esponjas e inicie el crecimiento de los microorganismos formando la biomasa.

Sin embargo, para la tercera semana de Febrero (estación de verano) las temperaturas del ambiente fueron las más intensas del año (33°C), lo que causó valores atípicos en el monitoreo de parámetros fisicoquímicos. Esto fue respuesta a que el tanque de regulación de color rojo naturalmente, no se cubrió con plástico negro para que inhibiera el paso de los rayos del sol al agua residual que contenía, permitiendo el crecimiento de algas en su interior.

Al tener algas el afluente, ingresó contaminando a cada uno de los Sistemas (1 y 2) contagiando a las esponjas, módulos de transferencia (tubos de PVC) y mangueras de conexión, lo que representó un problema considerable.

A continuación, se expone los resultados obtenidos en los días entre el 19 de Febrero y 01 de Marzo del presente año.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Las mediciones de la Demanda Química de Oxígeno se realizaron en los puntos de muestreo anteriormente señalados: Afluyente, Sistema 1 y Sistema 2 durante la tercera y cuarta semana de febrero, dos por semana específicamente.

Como se observa en la tabla 8, se analizó la relación entre el caudal (Q) que ingresaba a los Sistemas (1 y 2) y la eficiencia en la Disminución de la Demanda Química de Oxígeno en cada sistema. Por ello, se trabajó con dos caudales: 14.4L/día y 28.8L/día en cada sistema.

Tabla 8 *Medición de Demanda Química de Oxígeno en el mes de Febrero – Primer Período.*

CAUDAL (Q)	FECHA	PUNTO DE MUESTREO(mg/L)			EFICIENCIA (%)	
		AFL.	SIST. 1	SIST. 2	SIST. 1	SIST. 2
Q = 28.8L/día	20/02/2019	120.7	108.7	103.3	9.9	14.4
	27/02/2019	116.3	58.3	41.3	49.9	64.5
Q = 14.4L/día	22/02/2019	100.3	82.3	77.7	17.9	22.6
	01/03/2019	126	93.7	68.3	26	46.1

*SIST: Sistema
AFL: Afluyente
Fuente: Elaboración Propia

- **Caudal (Q): 14.4L/día**

Tal como se observa en la tabla anterior y la figura 37, los valores de eficiencia son muy prometedores; sin embargo, para la segunda medición de DQO a un Q = 28.8L/día, los resultados obtenidos no son confiables a pesar que demuestran una eficiencia de 26% para el Sistema 1 y 46.1% para el Sistema 2, en la disminución de la Demanda Química de Oxígeno. Debido al crecimiento de algas sobre el medio filtrante (esponjas).

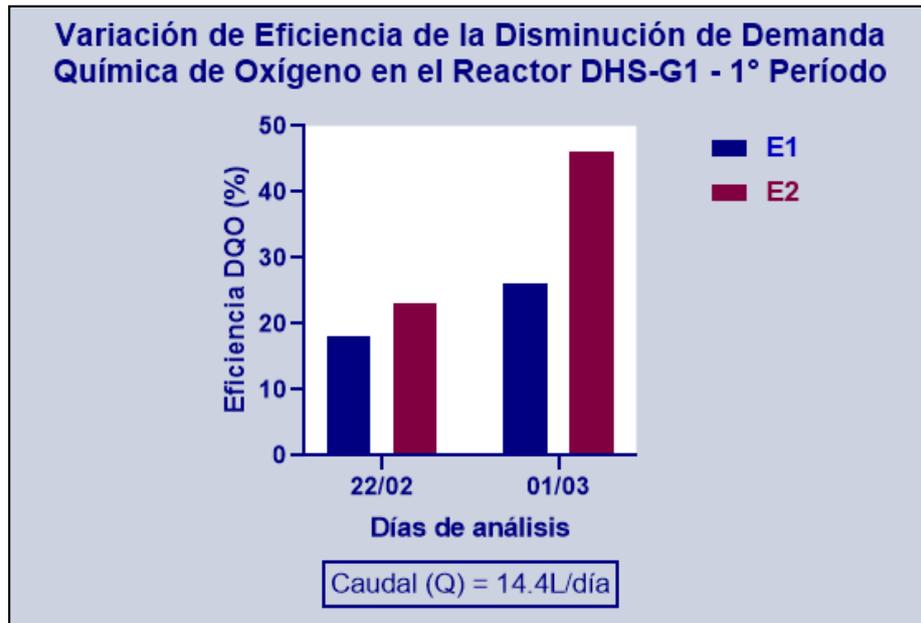


Figura 37 Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un $Q = 14.4\text{L/día}$ para cada sistema - 1° Período vs. Tiempo (Medición semanal)

Fuente: Elaboración Propia

- **Caudal (Q): 28.8L/día**

La eficiencia en la disminución de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un caudal de 28.8L/día obtiene en su primera semana valores bajos de 9.9% para el Sistema 1 y 14.4% para el Sistema 2. Para la siguiente semana, se presenta el problema del crecimiento de las algas y la eficiencia de la disminución aumenta. Por ello, no podemos asegurar si este suceso atípico favorece la disminución.

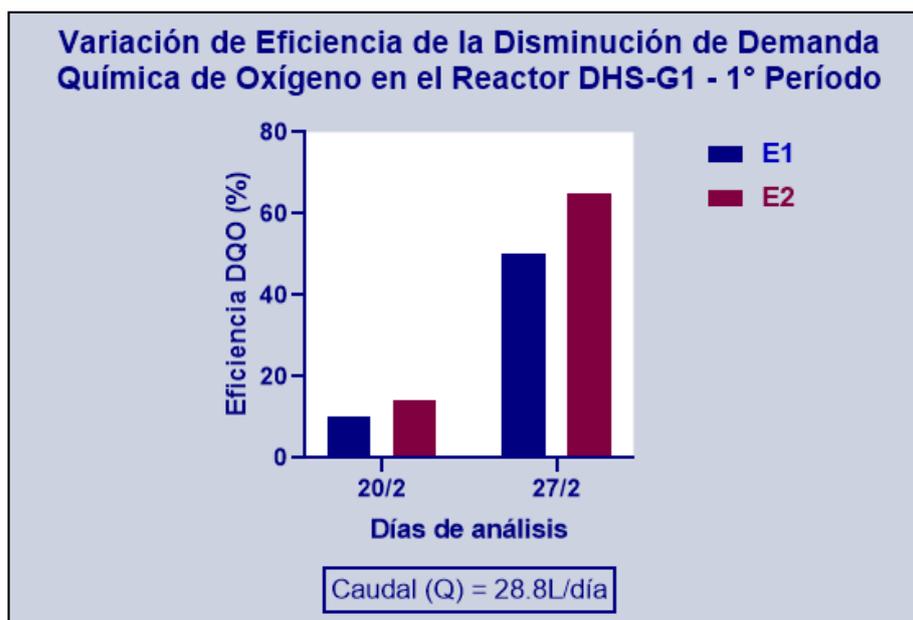


Figura 38 Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un $Q = 28.8\text{L/día}$ para cada Sistema - 1° Período vs. Tiempo (Medición semanal)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 SEGUNDO PERÍODO: 04/03 – 22/03

Se inició el segundo período en el Reactor DHS de primera generación con un cambio de medio filtrante (esponjas) y después de una limpieza profunda en los tanques de almacenamiento y regulador, cañerías y módulos de transferencia.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Durante el segundo período la metodología fue igual, se analizó la Demanda Química de Oxígeno (DQO) dos veces por semana con respecto al caudal. Se trabajó con dos caudales: 28.8L/día y 14.4L/día en ambos sistemas 1 y 2.

Tabla 9 Medición de Demanda Química de Oxígeno en el mes de Marzo – Segundo Período.

CAUDAL (Q)	FECHA	PUNTO DE MUESTRO(mg/L)			EFICIENCIA (%)		Dif. de Eficiencias
		AFL.	SIST. 1	SIST. 2	SIST. 1	SIST. 2	
Q = 28.8L/día	08/03/2019	136.3	96.3	87.3	29.3	35.9	6.6
	15/03/2019	159	71.0	57.3	55.1	63.9	8.8
	22/03/2019	135.3	57.3	48.3	57.6	64.3	6.7
14.4L/día	06/03/2019	68.3	39.3	30.3	42.4	55.6	13.2
	13/03/2019	169.7	77.3	53.7	54.4	68.4	14
	20/03/2019	148.7	70.3	41.7	52.7	72	19.3

*SIST: Sistema

AFL: Afluente

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 9, se analizó la eficiencia en la Disminución de la Demanda Química de Oxígeno en cada sistema (1 y 2) con respecto al diámetro que cada uno presentaba y el caudal de ingreso.

- **Caudal (Q): 14.4L/día**

En la figura 39 se muestran los valores de eficiencia en la disminución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenidos durante tres semanas de evaluación con respecto a un caudal de 14.4L/día (caudal menor), tanto para el Sistema 1 y 2 (ambos de diferente diámetro).

Como se observa la eficiencia en la disminución de DQO fue ascendiendo con el paso de los días. Inició con una eficiencia de 42.4% para el Sistema 1 y 55.6%, Sistema 2. Debido a la formación de biomasa sobre el medio filtrante (esponjas) y su actividad biológica para la remoción de materia orgánica en inorgánica.

El Sistema 1 alcanzó una mayor eficiencia de 54.4% en su segunda semana, mientras que en el Sistema 2, su mayor eficiencia fue en la tercera semana de 72%. Un parámetro que contribuyó a estos resultados fue el Oxígeno Disuelto presente en ambos sistemas, ya que brindaba un ambiente con oxigenación favorable para el desarrollo de los microorganismos.

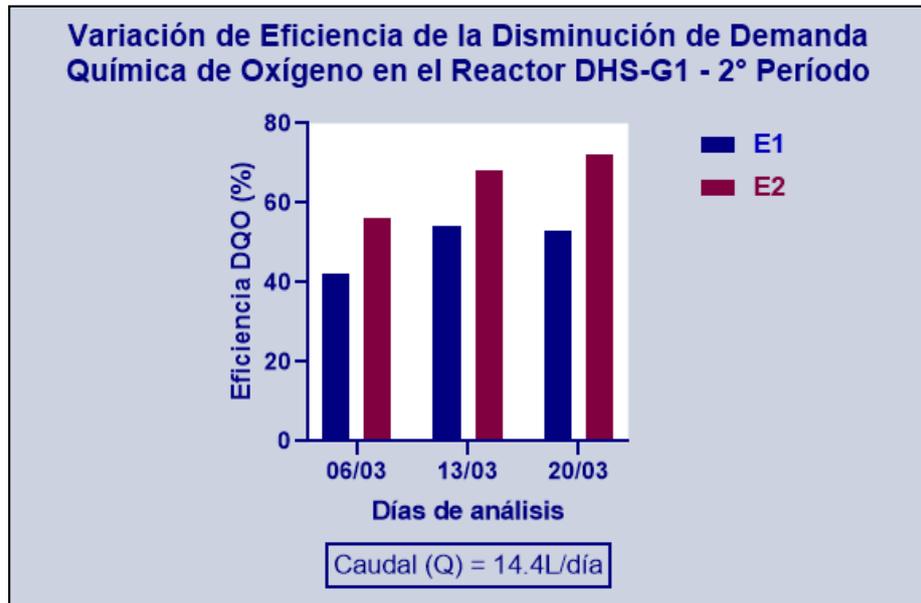


Figura 39 Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un $Q = 14.4L/día$ para cada Sistema – 2° Período vs. Tiempo (Medición semanal)

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, podemos notar en la figura anterior que a más días de tratamiento del agua residual con un caudal de 14.4L/día, la diferencia entre las eficiencias en cada sistema aumenta; es decir, que a medida que pasaron los días, el Sistema 2 tuvo mejores eficiencias que el Sistema 1. Ello se corrobora en la tercera semana, cuando la eficiencia del Sistema 1, desciende de 54.4% a 52.7%.

- **Caudal (Q): 28.8L/día**

De la figura 40, se observa los valores de eficiencia en la disminución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenidos durante las tres semanas de evaluación con respecto a un caudal de 28.8L/día (caudal mayor), tanto para el Sistema 1 y 2 (ambos de diferente diámetro).

Se inició con una eficiencia de 29.3% para el Sistema 1 y 35.9% para el Sistema 2 en la disminución de DQO. Pese a que fueron valores relativamente bajos, la eficiencia fue progresando con el paso de los días por la constante colmatación de microorganismos sobre las esponjas y su actividad de degradación de materia orgánica e inorgánica.

Para la tercera semana, ambos sistemas alcanzaron un valor máximo de eficiencia: 57.6% para el Sistema 1 y 64.3% para el Sistema 2. Resultados que se vieron favorecidos por los altos niveles de oxigenación.

Sin embargo, la diferencia de eficiencias en ambos sistemas no guarda ninguna relación. A pesar que las eficiencias tanto en el Sistema 1 y 2 aumentan, este no es significativo. Tal como se observa en la tabla 9, la diferencia de eficiencia para la segunda semana fue de 8.8 mientras que para la tercera semana descendió a 6.7.

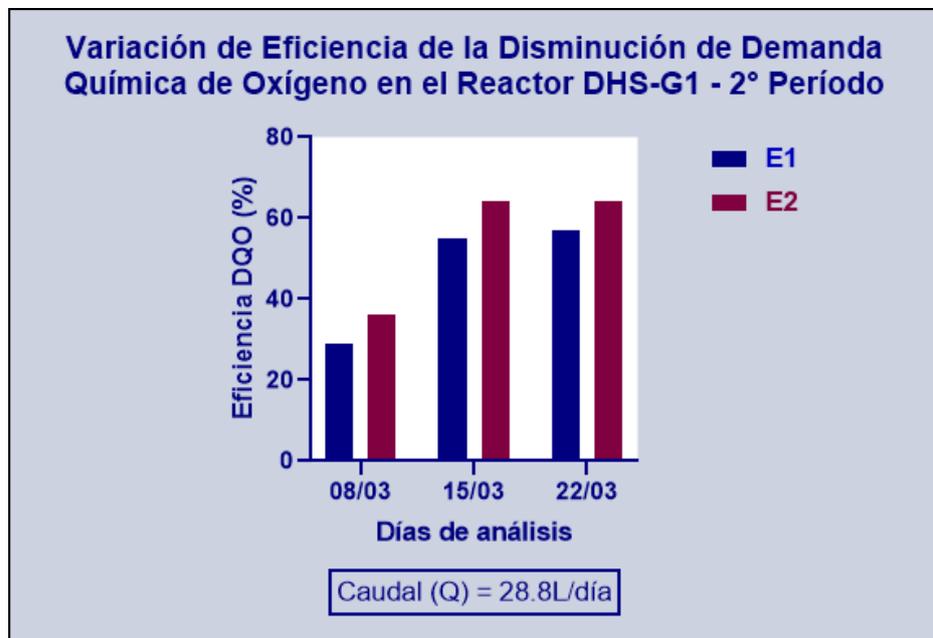


Figura 40 Variación de Eficiencia de la Disminución Química de Oxígeno en el Reactor DHS-G1 con un $Q = 28.8L/día$ para cada Sistema– 2° Período vs. Tiempo (Medición semanal)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Comparación entre el Período 1° y 2°

Si bien se presentó un problema de proliferación de algas en la tercera semana de febrero (1° Período) debido al ingreso de los rayos del sol al afluente en el tanque regulador, los resultados de la medición de DQO con un caudal de 28.8L/día y 14.4L/día (caudal para cada sistema) evaluados los días 20 y 22 de febrero respectivamente, muestran valores similares a los obtenidos en la primera semana del 2° período. Puesto que las mediciones se realizaron cuando el prototipo aún no había sido contaminado con algas y se encontraban en las mismas condiciones iniciales.

No obstante, la segunda medición de DQO con un caudal de 28.8L/día y 14.4L/día (caudal para cada sistema) evaluados los días 27 de febrero y 01 de marzo respectivamente en el Primer período, se obtuvieron valores que son válidos para hallar la eficiencia del tratamiento en el Reactor DHS-G1, pero no son del todo confiables porque cabe la posibilidad de una influencia por parte de las algas.

CONCLUSIONES

- El Reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación trabajó durante los meses de febrero y marzo en el tratamiento de agua residual doméstico proveniente del Centro de Investigación en Tratamientos de Agua Residual y Residuos Peligrosos (CITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería mediante el análisis de la disminución Concentración de la Demanda Química de Oxígeno por efecto de los sistemas 1 y 2, alcanzando un 68.4% de eficiencia en el Sistema 2 a un menor caudal de 14.4L/día – Segundo Período. Sin embargo, es importante mencionar que en los últimos días de febrero ocurrió una contaminación con algas en todo el prototipo, por ello la investigación se divide en dos períodos.
- Los resultados, en el primer período, señalan una eficiencia considerable en la disminución de la Concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación; sin embargo, se debe considerar validos los resultados (especialmente los de la primera semana), mas no son confiables por presentarse la proliferación de algas. En el segundo período, la disminución de la Concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación logró una eficiencia promedio de 49.83% para el sistema 1 y 65.33% para el sistema 2 y, con un caudal de 14.4L/día (caudal menor) para cada sistema. En el segundo período, la disminución de la Concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación logró una eficiencia promedio de 47.33% para el sistema 1 y 54.70% para el sistema 2 y, con un caudal de 28.8L/día (caudal mayor) para cada sistema.

- Los resultados, en el segundo período, muestran que los valores más altos de eficiencia de la disminución de la Concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) de primera generación se alcanzaron en el Sistema 2, conformado por módulos de transferencia con un diámetro de 6 pulgadas (15.24cm). Debido al número de esponjas que contiene en su interior lo que permitió una mayor colmatación de microorganismos sobre el medio filtrante (esponja) para su actividad biológica. Además, en este período, la diferencia de las eficiencias de la Concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor DHS de primera generación, con un caudal de 14.4L/día, aumentaba significativamente en el Sistema 2 con respecto al Sistema 1 durante las semanas de evaluación; sin embargo, la diferencia de las eficiencias de la Concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el Reactor DHS de primera generación, con un caudal de 28.8L/día no mostró una relación entre ambos Sistemas (1 y 2) durante las semanas de evaluación.

RECOMENDACIONES

1. La presencia de algas en un prototipo de reactor DHS representa una contaminación considerable para la cual se recomienda cambiar las esponjas, lavar los módulos de transferencia (tubos de PVC) y las tuberías de conexión. No obstante, es importante lavar semanalmente las mangueras de conexión ayudaría considerablemente por tener pequeños espacios que suelen obstruirse por la cantidad de sólidos que ingresan en el afluente.
2. La profundidad del tanque sedimentador que se sugiere es de 20cm como máximo; caso contrario puede alterar los resultados de Oxígeno Disuelto de los efluentes cada sistema (1 y 2).
3. El periodo de maduración de los microorganismos naturalmente en un Reactor Downflow Hanging Sponge DHS necesita varios días, por ello se sugiere el uso de un inóculo de la película biológica que se desarrolla en el mismo sistema. Así mismo, la colocación de mallas de plástico en las zonas de aireación entre los módulos de transferencia del Reactor inhibe el ingreso de insectos o cualquier otro organismo que pueda perjudicar en la calidad del afluente o un adecuado funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association - APHA, Asociación Norteamericana de Obras Sanitarias (American Water Works Association - AWWA) y Federación Ambiental del Agua. (Water Environment Federation – WEF) 23va edición, 2017.
- Agrawal, L. K., Ohashi, Y., Mochida, E., Okui, H., Ueki, Y., Harada, H., & Ohashi, A. (1997). Treatment of raw sewage in a temperate climate using a UASB reactor and the hanging sponge cubes process. *Water Science and Technology*, 36(6-7), 433–440.
- Centeno Mora, Erick (2017). Evaluación de una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales ordinarias por medio de un filtro percolador con relleno de esponjas colgantes de flujo descendente (DHS) como postratamiento de un efluente de sedimentador primario. Página 62-78.
- CIMCOOL, Reporte Técnico - Milacron Mexicana Sales, S.A. de C.V. Queretaro, México Revisión: 01/11/04.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. - “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”. Publicado el miércoles 7 de junio de 2017
- G.L. Karia (2013) *Wastewater Treatment, Concepts and Design Approach*. Second Edition.
- Harada, Hideki (2008). Seminario Asiático de Ciencia y Tecnología en Tailandia.» Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Superior de Ingeniería, Sendai: 980- 8579.
- Izarul Machdar, Syaifullah Muhammad, Takashi Onodera, Kazuaki Syutsubo (2018). A pilot-scale study on a down-flow hanging sponge reactor for septic tank sludge treatment, *Environmental engineering Research*, 23 (2): 195-204

- León Gil, Carlos (2009) Estandarización y validación de una técnica para medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno por el Método Respirométrico y la Demanda Química de Oxígeno por el Método Colorimétrico. Universidad Tecnológica de Pereira.
- López Vásquez, Carlos. Buitrón Méndez, Germán. Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño. España. IWA Publishing 2007 (en inglés).
- Madan Tandukar; Izarul Machdar; Shigeki Uemura; Akiyoshi Ohashi; and Hideki Harada. (Febrero 2006). Potential of a Combination of UASB and DHS Reactor as a Novel Sewage Treatment System for Developing Countries: Long-Term Evaluation”
- Metcalf & Eddy, INC. (2014) Ingeniería de aguas residuales "Tratamiento, vertido y reutilización". Madrid - España: Impresos y Revistas, S.A. (IMPRESA)
- Okubo, T., Onodera, T., Uemura, S., Yamaguchi, T., Ohashi, A., & Harada, H. (2015). On-site evaluation of the performance of a full-scale down-flow hanging sponge reactor as a post-treatment process of an up-flow anaerobic sludge blanket reactor for treating sewage in India. *Bioresource Technology*, 194, 156–164.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA – 2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Página 2 - 8.
- Organización Mundial de la Salud, Análisis de las aguas residuales para su uso en la agricultura. (2006) P.3-4.
- Ossio Verónica y Acuña Jorge. (2013) Eficiencia del sistema de esponjas colgantes DHS de primera generación en el tratamiento del efluente del reactor UASB.
- Ping, Fang Herbert Han (2010) *Environmental Anaerobic Technology: Applications and New Developments*. Imperial College Press.
- Quiroz Mantari Miguel y Ferro Chiara Luis (2015). Eficiencia de la Remoción de Microorganismos patógenos (*Escherichia Coli* y *Salmonella*) respecto a la variación de tiempo de retención en el

sistema DHS (Downflow Hanging Sponge) de primera generación con recirculación.

R.A. Christian (2006) Wastewater Treatment, concept and Design approach.

Rigola Lapeña, Miguel (1989) Tratamiento de agua industriales, aguas de procesos y residuales. Colombia. Editorial Marcombo, p. 143.

Rojas & Visurraga (2012). Tratamiento de aguas residuales con tecnología DHS a escala piloto. Universidad Nacional de Ingeniería.

Tchobanoglous (2003). Wastewater Engineering, Treatment and Reuse (4th edition).

Valladares Araujo, Rosa (Ancash, 2016). Eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas en el tratamiento del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian, departamento de Ancash.

Vigneswaran, Saravanamuthu (2009) Waste Water Treatment Technologies - Volumen I. EOLSS Publishers/UNESCO.

Wilasinee Yoochatchaval, Takashi Onodera, Haruhiko Sumino, Takashi Yamaguchi, Motoyuki Mizuochi, Tomohiro Okadera y Kazuaki Syutsubo (2014) Development of a down-flow hanging sponge reactor for the treatment of low strength sewage. Publicado el 17 de junio del 2014.

Zaher Abdallaa, Khaled & Hammamb, Gina (2013) Correlation between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plants in Egypt to Obtain the Biodegradability Indices.

ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR (UNTELS)
FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE DOCUMENTARIO (FUTD)

SOLICITO: *Espacio en el Invernadero Multifuncional*

AUTORIDAD Y/O DEPENDENCIA A QUIEN SE DIRIGE:
Ingeniero David Obicapa

DATOS DEL SOLICITANTE:

Apellido Paterno: *Paredes* Apellido Materno: *Marchena* Nombres: *Ruth Noemi*

Estudiante: Egresado: Carrera Profesional: *Ing Ambiental* Cód.: _____

Docente: Administrativo: Otros:

Tipo de Documento: DNI Carné Univ./Cód. Est. No.: *2014/009/11*

Dirección: *Norjor Baturo m2. H. lote 20* Distrito: *S.J.M.*

Teléfono Fijo: *694 0865* Teléfono Móvil: *982226958* Correo Electrónico: *ruthpm14@gmail.com*

SOLICITO SE ME OTORQUE:

<input type="checkbox"/> Acreditación de ingreso a la Carrera Profesional	<input type="checkbox"/> Copia Auténtica de Diploma de Grado Académico de Bachiller
<input type="checkbox"/> Acreditación de Diploma de Grado Académico de Bachiller	<input type="checkbox"/> Copia Auténtica de Diploma de Título Profesional
<input type="checkbox"/> Acreditación de Diploma de Título Profesional	<input type="checkbox"/> Duplicado de Carné de Biblioteca
<input type="checkbox"/> Cambio de Acta	<input type="checkbox"/> Duplicado de Carné Universitario
<input type="checkbox"/> Carné de Biblioteca	<input type="checkbox"/> Duplicado de Diploma de Grado Académico de Bachiller y/o Título Profesional por pérdida
<input type="checkbox"/> Carné Universitario	<input type="checkbox"/> Duplicado de Diploma de Grado Académico de Bachiller y/o Título Profesional por deterioro o nulidad
<input type="checkbox"/> Certificación de Documentos	<input type="checkbox"/> Examen de Clasificación
<input type="checkbox"/> Certificado de Estudios por Semestre	<input type="checkbox"/> Expedición de Diploma de Grado Académico de Bachiller
<input type="checkbox"/> Constancia de Conducta	<input type="checkbox"/> Expedición de Diploma de Título Profesional
<input type="checkbox"/> Constancia de Estudios	<input type="checkbox"/> Expedición de Diploma de Título Profesional
<input type="checkbox"/> Constancia de Egresado	<input type="checkbox"/> Realización de Matrícula
<input type="checkbox"/> Constancia de Ingreso	<input type="checkbox"/> Rectificación de Notas
<input type="checkbox"/> Constancia de Matrícula	<input type="checkbox"/> Reinscripción
<input type="checkbox"/> Constancia de No Adjudicar Libros	<input type="checkbox"/> Registro de Evaluación
<input type="checkbox"/> Constancia de No Adjudicar Dinero	<input type="checkbox"/> Renovación de Carné de Biblioteca
<input type="checkbox"/> Constancia de No Adjudicar Equipos	<input type="checkbox"/> Retiro de Matrícula
<input type="checkbox"/> Constancia de No Adjudicar Bienes	<input type="checkbox"/> Retiro de Asignaturas
<input type="checkbox"/> Constancia de Notas por Semestre	<input type="checkbox"/> Tratado Interno
<input type="checkbox"/> Constancia de Prácticas Piv Profesionales	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Constancia de Asignaturas	
<input type="checkbox"/> Copia de sílabos	

FUNDAMENTACIÓN DEL PEDIDO:
Solicito espacio para el desarrollo y armado de la infraestructura de mi proyecto de tesis por un tiempo de 3 meses aproximadamente, dejando todo en óptimas condiciones.

DOCUMENTOS QUE SE ADJUNTAN:

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
SERVICIO ÚNICO DE TRÁMITE DOCUMENTARIO
01 FEB 2019
REGISTRO

VES *09* de *Febrero* de *2019*
Firma del Solicitante: *[Firma]*

Sector 3, Grupo 1, Mz. "A", Sub Lote 3 - Villa El Salvador (Cruza Av. Central y Av. Bolívar) Teléfonos: 7158878
www.untehs.edu.pe

Figura 41 Formato Único de Trámite Documentario con el cual se solicitó espacio en Invernadero Multifuncional para el desarrollo del proyecto.

ANEXO 2



Figura 42 Solicitud a CITRAR para la toma de muestra del agua residual, afluente del Reactor DHS de primera generación.

ANEXO 3

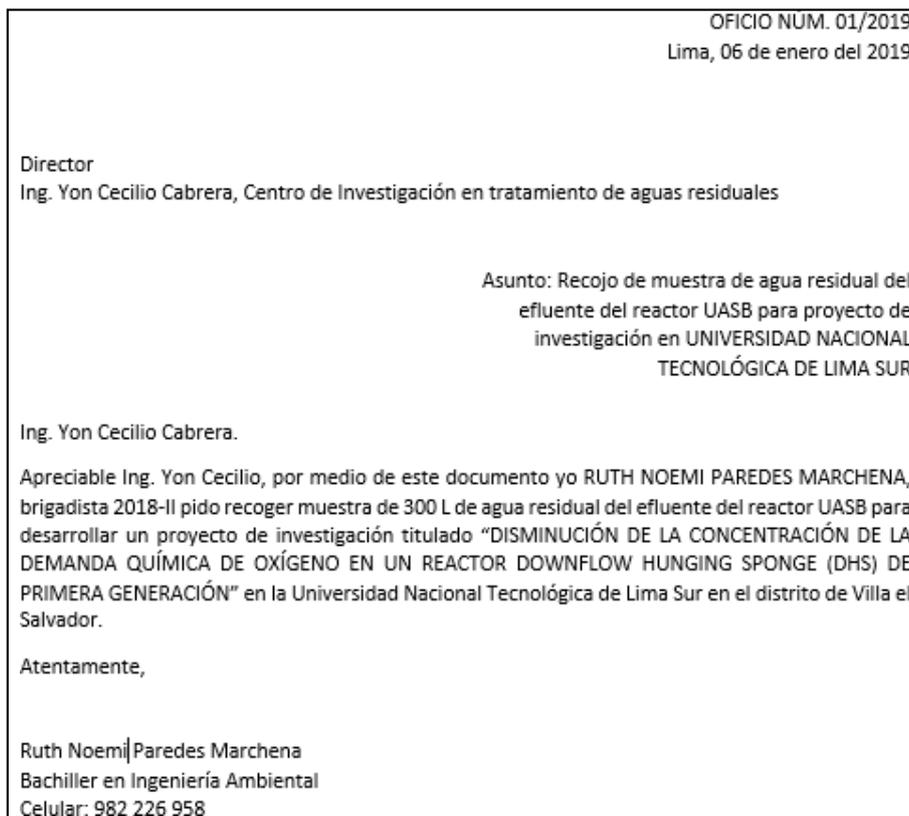


Figura 43 Formato presentado a CITRAR FIA-UNI, dirigido Ing. Yon Cecilio, actual encargado.

ANEXO 4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Centro de Investigación en Tratamiento de
Aguas Residuales y Residuos Peligrosos

Constancia
N° 09- 2019

CONSTANCIA

Quien suscribe, Director del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos CITRAR FIA – UNI de la Universidad Nacional de Ingeniería, deja constancia que la señora:

PAREDES MARCHENA, RUTH NOEMI

Con DNI N° 70976453, realizó sus prácticas pre profesionales en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos CITRAR FIA – UNI de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima, Perú), desde el 01 de agosto del 2018 al 22 de marzo del 2019 con un total de 480 horas.

La señora, Paredes Marchena, Ruth, se desempeñó con eficiencia y puntualidad, cumpliendo las siguientes labores:

- Monitoreo de los principales parámetros operacionales de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.
- Participación como guía en las diversas visitas realizadas en CITRAR FIA – UNI.
- Elaboración de los informes de monitoreo mensuales de la Planta de Tratamiento.
- Desarrolló el proyecto de investigación: "Determinación de la cantidad de sólidos removidos en la unidad del Desarenador del CITRAR"
- Desarrolló el proyecto de investigación: "Determinación de la reducción de Coliformes Termotolerantes en un Reactor Dowlow Hanging Sponge (DHS) de sexta generación con recirculación variable"

Se expide la presente a solicitud para los fines que la señora estime pertinentes.

Lima, 29 de marzo del 2019.



Ing. Yon Cecilio Cabrera
DIRECTOR CITRAR FIA – UNI

Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Puerta N° 07
✉: Citrar@uni.edu.pe

Figura 44 Constancia de prácticas pre profesionales de CITRAR FIA-UNI, lugar donde realicé el análisis de Demanda Química de Oxígeno con los equipos de su laboratorio.

ANEXO 5



LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Be Right™

Fecha de emisión
05-mar-2019

Fecha de revisión
05-mar-2019

Versión 4.099999

Página 1 / 17

Sección 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA O MEZCLA Y DEL PROVEEDOR O FABRICANTE

Identificador del producto

Código del producto 2125915
Nombre del producto Solución de digestión para COD 20-1500 mg/L Gama

Otros medios de identificación

Número de la hoja de datos de seguridad M00485
Número ONU UN1830

Uso recomendado de la sustancia y restricciones de uso

Uso recomendado Uso de laboratorio, Determinación de Demanda Química de Oxígeno.
Restricciones de uso Para uso en laboratorio solamente.
Usos contraindicados Uso del consumidor

Datos del proveedor o fabricante

Dirección del proveedor
Hexis Científica Ltda CNPJ: 53.276.010 / 00001-10 Av. Antonieta Piva Bamaqueiros, 385 - Distrito Industrial - Jundiaí - SP - Tel: 11 4589-2672

Dirección del fabricante
Hach Company P.O. Box 389 Loveland, CO 80539 USA +1(970) 669-3050

Número de teléfono en caso de emergencia

Argentina
Argentina: +(54)-1159839431
Ecuador
Ecuador: +593-01-800-000-906 (acceso 334846)
Costa Rica
Costa Rica – Centro Nacional de Intoxicaciones: +506-2223-1028
Estados Unidos de América
+1-303-623-5716 (servicio 24 horas al día)

Sección 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

SGA clasificación

Peligros más importantes
Según la ABNT NBR 14726-2

Corrosivo para los metales	Categoría 1
Toxicidad aguda por vía oral	Categoría 4
Toxicidad aguda por vía cutánea	Categoría 3
Toxicidad aguda por inhalación (polvos/neblinas)	Categoría 4
Corrosión/irritación cutánea	Categoría 1
Lesiones oculares graves/irritación ocular	Categoría 1

EN / BGH3

Página 1 / 17

Figura 45 Hoja de Seguridad del reactivo que se utilizó en el análisis de Demanda Química de Oxígeno.

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 2 / 17

Sensibilización cutánea	Categoría 1
Mutagenicidad	Categoría 1B
Carcinogenicidad	Categoría 1A
Toxicidad para la reproducción	Categoría 2
Toxicidad acuática aguda	Categoría 1
Toxicidad acuática crónica	Categoría 1

Elementos de la etiqueta del SGA



Palabra de advertencia - Peligro

Indicaciones de peligro

- H290 - Puede ser corrosiva para los metales
- H302 - Nocivo en caso de ingestión
- H311 - Tóxico en contacto con la piel
- H314 - Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares
- H317 - Puede provocar una reacción cutánea alérgica
- H332 - Nocivo si se inhala
- H340 - Puede provocar defectos genéticos
- H350 - Puede provocar cáncer
- H361 - Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar al feto
- H410 - Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Consejos de prudencia

- P271 - Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado
- P260 - No respirar polvos / humos / gases / neblinas / vapores / aerosoles
- P301 + P330 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: enjuagarse la boca. NO provocar el vómito
- P303 + P361 + P353 - En caso de contacto con la piel (o el pelo), quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse
- P363 - Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar
- P304 + P340 - En caso de inhalación, transportar la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración
- P305 + P351 + P338 - En caso de contacto con los ojos: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado
- P310 - Llamar inmediatamente a un centro de toxicología o médico
- P261 - Evitar respirar polvos / humos / gases / neblinas / vapores / aerosoles
- P272 - La ropa de trabajo contaminada no debe salir del lugar de trabajo
- P302 + P352 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón
- P362 + P364 - Quitar la ropa contaminada y lavarla antes de usarla nuevamente
- P201 - Procurarse las instrucciones antes del uso
- P280 - Usar guantes / ropa de protección / equipo de protección para la cara / los ojos
- P308 + P313 - En caso de exposición demostrada o supuesta, consultar a un médico
- P405 - Guardar bajo llave
- P273 - No dispersar en el medio ambiente
- P391 - Recoger los vertidos

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 3 / 17

P234 - Conservar únicamente en el recipiente original

P390 - Absorber el vertido para prevenir daños materiales

P270 - No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto

P501 - Eliminar el contenido / recipiente en una planta de tratamiento de residuos autorizada

Otros peligros oncooidos

Sección 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Sustancia

No aplicable

Mezcla

Sustancia o mezcla pura Mezcla

Nombre de la sustancia No aplicable

Familia química Mezcla

Número CAS No aplicable

Naturaleza química Solución acuosa de sales y ácidos inorgánicos.

Nombre de la sustancia	CAS No.	por ciento Recomendación
Ácido sulfúrico	7664-93-9	80 - 90%
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1)	7783-35-9	<1%
Ácido sulfúrico, sal de diplatá (1)	10294-25-5	<1%
Ácido crómico (H ₂ CrO ₄)	7738-94-5	<1%

Sección 4: PRIMEROS AUXILIOS

Descripción de las medidas de primeros auxilios necesarias

Consejo general

Mostrar esta ficha de datos de seguridad al médico tratante. En caso de exposición demostrada o supuesta, consultar a un médico.

Inhalación

Trasladar al aire libre. Si la persona ha dejado de respirar, proporcionar respiración artificial. Consultar inmediatamente a un médico. No usar el método de respiración boca a boca si la víctima ingirió o inhaló la sustancia - proporcionar la respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo con una válvula de una sola vía u otro dispositivo médico de respiración. Si le respira con dificultad, (el personal capacitado debe) administrar oxígeno. Puede ocurrir un edema pulmonar retardado. Buscar asistencia médica inmediata.

Contacto con la piel

Buscar asistencia médica inmediata. Lavar inmediatamente mediante con abundante agua y jabón, y quítense toda la ropa y calzado contaminados. Puede provocar una reacción cutánea alérgica.

Contacto con los ojos

Buscar asistencia médica inmediata. Enjuagar inmediatamente con abundante agua, incluyendo debajo de los párpados, durante un mínimo de 15 minutos. Mantener los ojos bien abiertos durante el enjuague. No frotar el lugar afectado. Quitar los lentes de contacto, cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Ingestión

No provocar el vómito. Lavarse la boca con agua y luego beber abundante agua. No administrar nada por la boca a una persona inconsciente. Buscar asistencia médica inmediata.

Para el personal de respuesta a emergencias

Medidas de protección para el personal médico Garantizar que el personal médico tiene conocimiento de el(los) material(es) involucrados,

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 4 / 17

personal que dispensa los primeros auxilios tomar precauciones también para su protección así como para evitar la dispersión de la contaminación. Evitar el contacto directo con la piel. Usar un dispositivo de barrera para practicar la respiración boca a boca. Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa. Evitar respirar vapores o nieblas.

Síntomas y efectos más importantes, agudos y crónicos

Síntomas Sensación de ardor. Picaazón. Erupciones. Urticaria. Tos y/o sibilancia. Dificultad respiratoria.

Indicación de atención médica inmediata y tratamiento especial necesario, si se requiere

Información para el médico El producto es un material corrosivo. Está contraindicado el uso de lavado gástrico o vómito. Se debe investigar la posible perforación del estómago o del esófago. No administrar antidotos químicos. Puede ocurrir asfixia por edema de glotis. Se puede presentar un descenso marcado de la presión arterial con estertores húmedos, esputo espumoso y presión elevada del pulso. Puede causar sensibilización en personas sensibles. Aplicar un tratamiento sintomático.

Sección 5: MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Medios adecuados de extinción

Medios adecuados de extinción Utilizar medidas de extinción adecuadas para las circunstancias locales y el medio ambiente.

Medios no adecuados de extinción No hay información disponible

Peligros específicos del producto químico

Peligros específicos del producto químico El producto causa quemaduras en los ojos, la piel y las membranas mucosas. La descomposición térmica puede provocar la liberación de gases y vapores irritantes. El producto es o contiene un sensibilizante. Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

Propiedades de inflamabilidad

Durante un incendio, gases irritantes y altamente tóxicos pueden ser generados por descomposición térmica. El material no está clasificado como inflamable según los criterios del GHS.

Propiedades explosivas

No clasificado según criterios del GHA.

Productos peligrosos de la combustión

Este material no es combustible.

medidas específicas/especiales de combate contra incendios

medidas específicas/especiales de combate contra incendios No hay información disponible.

Equipo especial de protección y precauciones para el personal de combate contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios El personal de lucha contra incendios debe usar aparato de respiración autónomo y traje completo de protección contra el fuego. Utilizar equipo de protección personal.

Sección 6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL O FUGA ACCIDENTAL

Precauciones personales, equipos de protección y procedimientos de emergencia

Precauciones personales Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa. Garantizar una ventilación adecuada. Utilizar un equipo de protección individual según corresponda. Evacuar al personal hacia áreas seguras. ¡Atención! material corrosivo. Mantener a las personas alejadas y contra el

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama
Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 5 / 17

viento en caso de derrames o fugas. Evitar respirar vapores o neblias.

Para el personal de respuesta a emergencias Utilizar un equipo de protección individual según corresponda.

Precauciones relativas al medio ambiente

Precauciones relativas al medio ambiente Evitar fugas o derrames adicionales si no hay peligro en hacerlo. No se debe liberar en el medio ambiente. No permitir que ingrese en el suelo ni subsuelo. Evitar que el producto penetre en los desagües.

Métodos y materiales para la contención y limpieza de derrames o fugas

Métodos de contención Evitar fugas o derrames adicionales si no hay peligro en hacerlo.

Métodos de limpieza Recoger y transferir a recipientes debidamente etiquetados.

Prevención de peligros secundarios Limpiar bien las zonas y los objetos contaminados según las reglamentaciones ambientales.

Otras informaciones Consultar las medidas de protección listadas en las Secciones 7 y 8.

Referencia a otras secciones Véase la Sección 8 para más información.
Véase la Sección 13 para más información.

Sección 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

medidas de prevención para la manipulación segura

Recomendaciones para la manipulación segura Manipular de acuerdo con las buenas prácticas de higiene y seguridad industrial. Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa. Quitar la ropa contaminada y lavarla antes de volverla a usar. En caso de ventilación insuficiente, usarse equipo respiratorio adecuado. Manipular el producto solamente en sistema cerrado o donde exista un sistema adecuado de ventilación por extracción. No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto. Quitar la ropa y el calzado contaminados. Evitar respirar vapores o neblias.

Precauciones que se deben tomar para garantizar un manejo seguro

Consideraciones generales de higiene Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa. Usense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto. Quitar y lavar la ropa y los guantes contaminados, incluso el interior, antes de volver a usar. Se recomienda la limpieza periódica de equipos, área y ropa de trabajo. Lavar las manos antes de los descansos e inmediatamente después de manipular el producto. La ropa de trabajo contaminada no debe salir del lugar de trabajo.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluida cualquier incompatibilidad

Condiciones de almacenamiento Mantener los recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado. Manténgase fuera del alcance de los niños. Guardar bajo llave. Proteger de la humedad. Almacenar separadamente.

Materiales incompatibles Ácidos. Bases. Agente oxidante.

Sección 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Directrices sobre exposición

Nombre de la sustancia	Brazil	Chile	Argentina	Venezuela
Acido sulfúrico 'CAS #' 7664-93-9	TWA: 8 ppm TWA: 12 mg/m ³	TWA: 0.88 mg/m ³	TWA: 1 mg/m ³ STEL: 3 mg/m ³	Ceiling: 0.2 mg/m ³ STEL: 3 mg/m ³ TWA: 0.2 mg/m ³
Acido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) 'CAS #' 7783-35-9	NDF	TWA: 0.03 mg/m ³ Skin	TWA: 0.025 mg/m ³ Skin	Skin TWA: 0.025 mg/m ³

EN / BGHS

Página 6 / 17

Código del producto: 2125915

Nombre del producto: Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de emisión: 05-mar-2019

Fecha de revisión: 05-mar-2019

Versión: 4.099999

Página: 6 / 17

Ácido sulfúrico, sal de diplatá (1) CAS #: 10294-26-5	NDF	NDF	TWA: 0.01 mg/m ³	TWA: 0.01 mg/m ³
Ácido crómico (H ₂ CrO ₄) CAS #: 7738-94-5	TWA: 0.04 mg/m ³	TWA: 0.04 mg/m ³ TWA: 0.044 mg/m ³	TWA: 0.05 mg/m ³	TWA: 0.5 mg/m ³

Nombre de la sustancia	ACGIH TLV	OSHA PEL	NIOSH
Ácido sulfúrico 80 - 90%	TWA: 0.2 mg/m ³ thoracic particulate matter	TWA: 1 mg/m ³ (vacated) TWA: 1 mg/m ³	IDLH: 15 mg/m ³ TWA: 1 mg/m ³
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) <1%	TWA: 0.025 mg/m ³ Hg S ¹	(vacated) Ceiling: 0.1 mg/m ³	IDLH: 10 mg/m ³ Hg Ceiling: 0.1 mg/m ³ Hg TWA: 0.05 mg/m ³ except Organic alkyls Hg vapor
Ácido sulfúrico, sal de diplatá (1) <1%	TWA: 0.01 mg/m ³ Ag	TWA: 0.01 mg/m ³ (vacated) TWA: 0.01 mg/m ³	IDLH: 10 mg/m ³ Ag TWA: 0.01 mg/m ³ Ag
Ácido crómico (H ₂ CrO ₄) <1%	NDF	TWA: 5 µg/m ³ (vacated) Ceiling: 0.1 mg/m ³ Ceiling: 0.1 mg/m ³	TWA: 0.0002 mg/m ³ Cr

Leyenda Véase la Sección 16 sobre terminología y abreviaturas.

Controles técnicos apropiados:

Controles de Ingeniería

Duchas
Estaciones lavajojos
Sistemas de ventilación.

Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal:

Protección respiratoria

No es necesario equipo de protección en condiciones normales de uso. Si se exceden los límites de exposición o se presenta irritación, puede requerirse ventilación y evacuación.

Protección para las manos

Úsense guantes adecuados. Guantes Impermeable.

Protección de los ojos/la cara

Careta de protección.

Protección de la piel y el cuerpo

Úsense indumentaria protectora adecuada. Ropa de mangas largas. Delantal resistente a las sustancias químicas.

Consideraciones generales de higiene

Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa. Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto. Quitar y lavar la ropa y los guantes contaminados, incluso el interior, antes de volver a usar. Se recomienda la limpieza periódica de equipos, área y ropa de trabajo. Lavar las manos antes de los recesos e inmediatamente después de manipular el producto. La ropa de trabajo contaminada no debe salir del lugar de trabajo.

Controles de exposición medioambiental

Notificar a las autoridades locales si es imposible contener derrames importantes. No dejar que penetre en las alcantarillas, el terreno ni en los cuerpos de agua.

Peligros térmicos

Ninguno durante el procesado normal.

Sección 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Información sobre propiedades físicas y químicas básicas:

Estado físico

Líquido

Aspecto

solución turbia

Color

anaranjado claro

Olor

Inodoro

Umbral olfativo

No aplicable

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 7 / 17

<u>Propiedad</u>	<u>Valores</u>	<u>Observaciones - Método</u>
Peso molecular	No aplicable	
pH	< 0.5	
Punto de fusión/punto de congelación	~ 0 °C / 32 °F	
Punto de ebullición y rango de ebullición	~ 100 °C / 212 °F	
Tasa de evaporación	1.04 (agua = 1)	
Presión de vapor	0.975 mm Hg / 0.13 kPa en/a 145.8 °C / 294.44 °F	
Densidad de vapor (aire = 1)	0.62 (aire = 1)	
Gravedad específica (agua = 1 aire = 1)	1.775	
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua) -	No hay datos disponibles	
Coefficiente de partición carbono orgánico-agua de suelo	No hay datos disponibles	
Temperatura de autoinflamación	No hay datos disponibles	
Temperatura de descomposición	No hay datos disponibles	
Viscosidad dinámica	No hay datos disponibles	
Viscosidad cinemática	No hay datos disponibles	

Solubilidad(es)

Solubilidad en agua

<u>Solubilidad en agua clasificación</u>	<u>Solubilidad en agua</u>	<u>Solubilidad en agua Temperatura</u>
Soluble	> 1000 mg/L	25 °C / 77 °F

Solubilidad en otros solventes

<u>Nombre de la sustancia</u>	<u>Clasificación Solubilidad</u>	<u>Solubilidad</u>	<u>Solubilidad Temperatura</u>
No existen informes de ninguno	No hay información disponible	No hay datos disponibles	No hay información disponible

Otras Informaciones

Corrosividad de metal

Clasificadas como corrosivas y metal de acuerdo con los criterios del GHS

Corrosión del acero Rate > 5.25 mm/yr / > 0.25 in/yr
Aluminio tasa de corrosión > 5.25 mm/yr / > 0.25 in/yr

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) contenido

<u>Nombre de la sustancia</u>	<u>CA# No.</u>	<u>Contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV)</u>	<u>CAA (Ley de Aire Limpio)</u>
Ácido sulfúrico	7664-93-9	No hay datos disponibles	-
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1)	7783-35-9	No aplicable	-
Ácido sulfúrico, sal de dióxido de platino (1)	10294-26-5	No hay datos disponibles	-
Ácido crómico (H ₂ CrO ₄)	7738-94-5	No hay datos disponibles	-

EN / BGHS

Página 7 / 17

Código del producto 2125915
Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama
Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 8 / 17

Propiedades explosivas

Límite superior de explosividad No hay datos disponibles
Límite inferior de explosividad No hay datos disponibles

Propiedades de inflamabilidad

Punto de inflamación No hay datos disponibles

Límite de inflamabilidad en el aire

Límite superior de inflamabilidad No hay datos disponibles
Límite inferior de inflamabilidad No hay datos disponibles

Propiedades comburentes

No hay datos disponibles

Densidad aparente

No hay datos disponibles

Sección 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Reactividad
No aplicable.

Estabilidad química

Estabilidad Estable en condiciones normales.

Datos de explosión

Sensibilidad al impacto mecánico Ninguno(s)
Sensibilidad a las descargas estáticas Ninguno(s)

Possibilidad de reacciones peligrosas

Possibilidad de reacciones peligrosas Ninguno durante el procesamiento normal.

Polimerización peligrosa

No ocurre polimerización peligrosa.

Condiciones que deben evitarse

Condiciones que deben evitarse Exposición al aire o a la humedad durante periodos prolongados. Calor excesivo.

Materiales incompatibles

Materiales incompatibles Ácidos. Bases. Agente oxidante.

Productos de descomposición peligrosos

La descomposición térmica puede provocar la liberación de gases y vapores irritantes y tóxicos.

Sección 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Información sobre posibles vías de exposición

Información del producto

Inhalación Corrosivo por inhalación. La inhalación de humos/gases corrosivos puede causar tos.

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama
Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 9 / 17

asfixia, dolor de cabeza, mareo y debilidad durante algunas horas. Puede ocurrir edema pulmonar con opresión del pecho, dificultad respiratoria, piel morada, disminución de la tensión sanguínea y aumento del ritmo cardíaco. La inhalación de sustancias corrosivas puede provocar un edema pulmonar tóxico. El edema pulmonar puede ser mortal. Nocivo por inhalación.

Contacto con los ojos Provoca quemaduras. Corrosivo para los ojos y puede provocar daños severos, incluyendo ceguera. Provoca lesiones oculares graves. Puede causar daño ocular irreversible.

Contacto con la piel Puede causar irritación. Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel. El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar reacciones alérgicas en personas sensibles. Tóxico en contacto con la piel.

Ingestión Provoca quemaduras. La ingestión causa quemaduras en el tracto digestivo superior y en las vías respiratorias. Puede causar dolor urente severo en la boca y el estómago así como vómitos y diarrea con sangre oscura. La presión arterial puede disminuir. Se pueden presentar manchas de color marrón o amarillento alrededor de la boca. La inflamación de la garganta puede causar dificultad respiratoria y asfixia. Puede causar daño pulmonar si se inhala. Puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias.

Síntomas Enrojecimiento. Ardor. Puede causar ceguera. Tos y/o sibilancia. Picazón. Erupciones. Urticaria.

Toxicidad aguda

No se cumplen los criterios de clasificación sobre la base de los datos disponibles.

Datos del Producto Toxicidad aguda

Los datos de prueba presentan a continuación.

Oral Ruta de exposición

Tipo de parámetro	Dosis reportado	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Rata DL ₅₀	360 mg/kg	fuera de las pruebas

Inhalación (Gas) Ruta de exposición

Ingrediente datos de toxicidad aguda

No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Efectos toxicológicos	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) (<1%) CAS#: 7783-35-9	No existen informes de ninguno	No hay información disponible			
Ácido sulfúrico, sal de plata (1) (<1%) CAS#: 10294-26-5	Rata DL ₅₀	> 5000 mg/kg	No existen informes de ninguno	No existen informes de ninguno	Vendedor SDS
Ácido crómico (H ₂ CrO ₄) (<1%) CAS#: 7738-94-5	Rata DL ₅₀	80 mg/kg	No existen informes de ninguno	Pulmones, torax o Respiración Cianosis Gastrointestinal Hipertermia Diarrea Anormalidades de la Piel	RTECS (Registro de los efectos tóxicos de las sustancias químicas)

Código del producto 2125915

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 10 / 17

Nombre de la sustancia	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Otros cambios	
				Efectos toxicológicos	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) (<1%) CAS#: 7783-35-9	No existen informes de ninguno	No hay información disponible			
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) (<1%) CAS#: 7783-35-9	No existen informes de ninguno	No hay información disponible			
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) (<1%) CAS#: 7783-35-9	No existen informes de ninguno	No hay información disponible			

Toxicidad aguda desconocida

El 0 por ciento de la mezcla consiste en ingrediente(s) de toxicidad desconocida.

Toxicidad aguda estimaciones (ATE)

Los siguientes valores se calculan en función del capítulo 3.1 del documento del SGA

DL50, oral	No hay información disponible - mg/kg
DL50, dérmica -	583.00 mg/kg
Nebuliz	4.18 mg/L
Vapor	No hay información disponible
Gas	No hay información disponible

Corrosión/irritación cutánea

Puede causar irritación cutánea.

La corrosión de la piel Producto / Datos Irritación

No hay datos disponibles.

Ingrediente Corrosión / Irritación de datos

No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Método de ensayo	Especies	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Resultados	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Ácido sulfúrico (80 - 90%) CAS#: 7664-93-9	Existentes experiencia humana	Humano	No existen informes de ninguno	No existen informes de ninguno	Corrosivo para la piel	HSDB (Sustancias Peligrosas Data Bank)
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) (<1%) CAS#: 7783-35-9	Existentes experiencia humana	Humano	No existen informes de ninguno	No existen informes de ninguno	Irritante de la piel	GESTIS (Sistema de información sobre Sustancias Peligrosas del Seguro de Accidentes Social alemán)

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama
Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 11 / 17

Ácido sulfúrico, sal de diplatá (1) (<1%) CAS#: 10294-26-5	Prueba de Draize Standard	Conejo	500 mg	4 horas	No es corrosiva o irritante para la piel	ECHA (Agencia Europea de Sustancias Químicas)
---	---------------------------	--------	--------	---------	--	---

Serious eye damage/irritation

Clasificación basada en los datos disponibles para los componentes. Provoca quemaduras. Riesgo de lesiones oculares graves.

Producto Lesiones oculares graves / Irritación ocular de datos
No hay datos disponibles.

Daños Ingrediente ojos / Irritación ocular datos
No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Método de ensayo	Especies	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Resultados	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Ácido sulfúrico (80 - 90%) CAS#: 7664-93-9	Existentes experiencia humana	Humano	No existen informes de ninguno	No existen informes de ninguno	Corrosivo para los ojos	HSDB (Sustancias Peligrosas Data Bank)
Ácido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1) (<1%) CAS#: 7783-35-9	Existentes experiencia humana	Humano	No existen informes de ninguno	No existen informes de ninguno	Irritante de ojos	GESTIS (Sistema de Información sobre Sustancias Peligrosas del Seguro de Accidentes Social alemán)
Ácido sulfúrico, sal de diplatá (1) (<1%) CAS#: 10294-26-5	Prueba de Draize Standard	Conejo	180 mg	No existen informes de ninguno	Corrosivo para los ojos	ECHA (Agencia Europea de Sustancias Químicas)

Sensibilización respiratoria o cutánea

Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

Producto Sensibilización de datos
No hay datos disponibles.

Ingrediente Sensibilización de datos
No hay datos disponibles.

STOT - exposición única

No se cumplen los criterios de clasificación sobre la base de los datos disponibles.

Toxicidad específica para el órgano blanco Datos específicos de la exposición
No hay datos disponibles.

Ingrediente Toxicidad específica para órganos diana Datos de exposición únicos
No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Efectos toxicológicos	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Ácido sulfúrico (80 - 90%) CAS#: 7664-93-9	Humano TD ₀₁	0.144 mg/L	5 minutos	Pulmones, torax o Respiración diana	RTECS (Registro de los efectos tóxicos de las sustancias químicas)

STOT - exposición repetida

No se cumplen los criterios de clasificación sobre la base de los datos disponibles.

Toxicidad específica para el órgano blanco del producto
No hay datos disponibles.

EN / BGHS

Página 11 / 17

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama
Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 12 / 17

Ingrediente Toxicidad específica para órganos blanco Repita los datos de exposición.
No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Efectos toxicológicos	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Acido sulfúrico (80 - 90%) CAS#: 7664-93-9	Humano TC ₅₀	.003 mg/L	168 día	Aire = 1 Los cambios en los dientes y las estructuras de soporte	RTECS (Registro de los efectos tóxicos de las sustancias químicas)

Carcinogenicidad

Clasificación basada en los datos disponibles para los componentes. Contiene una sustancia conocida o sospechosa de ser carcinógena.

Producto Carcinogenicidad datos
No hay datos disponibles.

Ingrediente Datos sobre carcinogenicidad
No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	CAS No.	ACGIH	IARC	NTP	OSHA
Acido sulfúrico	7664-93-9	A2	Group 1	Known	X
Acido sulfúrico, sal de mercurio (2) (1:1)	7783-35-9	-	Group 3	-	-
Acido sulfúrico, sal de dióxido (1)	10294-26-5	-	-	-	-
Acido crómico (H ₂ CrO ₄)	7738-94-5	-	Group 1	Known	X

Leyenda

ACGIH (Conferencia Americana de Higiene Industrial y Gubernamental)	A2 - Carcinógeno humano sospechoso
IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer)	Grupo 1 - Carcinógeno para los humanos
NTP (Programa Nacional de Toxicología)	Conocido - Carcinógeno confirmado
OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional del Departamento del Trabajo de los EE.UU.)	X - Presente

Mutagenicidad en células germinales

Clasificación basada en los datos disponibles para los componentes. Contiene una sustancia conocida o sospechosa de ser mutágena. La tabla de abajo indica cuáles componentes con valores por encima de los umbrales límite están listados como mutágenos y es importante tomar en cuenta.

Producto Germ Cell Mutagenicity In vitro Data
No hay datos disponibles.

Ingrediente Germ Cell Mutagenicity In vitro Data
No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Prueba	cepa de células	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Resultados	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Acido sulfúrico (80 - 90%) CAS#: 7664-93-9	El análisis citogenético	de ovario de hamster	4 mmol/L	No existen informes de ninguno	Resultado positivo de la prueba de mutagenicidad	No hay información disponible

Producto Germ Cell Mutagenicity In vivo Data
No hay datos disponibles.

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 13 / 17

Ingredient Germ Cell Mutagenicity In Vivo Data:
No hay datos disponibles.

Toxicidad para la reproducción

Clasificación basada en los datos disponibles para los componentes. Contiene una sustancia conocida o sospechosa de ser toxina reproductiva. La tabla de abajo indica cuáles componentes con valores por encima de los umbrales límite están listados como toxinas reproductivas y es importante tomar en cuenta.

Producto Toxicidad Reproductiva de datos:

No hay datos disponibles.

Ingrediente Datos de toxicidad reproductiva

No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Tiempo de exposición	Efectos toxicológicos	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Acido sulfúrico (80 - 90%) CAS#: 7664-93-9	Conejo TC ₁₀	.02 mg/L	7 horas	específicas anomalías del desarrollo Sistema musculoesquelético.	No hay información disponible

Peligro de aspiración

No se cumplen los criterios de clasificación sobre la base de los datos disponibles.

Sección 12: INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Ecotoxicidad: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Toxicidad acuática desconocida: El 0.0031% de la mezcla consiste en componentes con peligro desconocido para el medio ambiente acuático.

Datos del Producto Ecológico

Toxicidad acuática aguda:

No hay datos disponibles.

Toxicidad acuática crónica:

No hay datos disponibles.

Datos Ecológicos Ingrediente

Toxicidad acuática aguda:

No hay datos disponibles.

Nombre de la sustancia	Tiempo de exposición	Especies	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Acido sulfúrico, sal de diplatá (1) (<1%) CAS#: 10294-26-5	96 horas	Pimephales promelas	CL ₅₀	0.0012 mg/L	GESTIS (Sistema de Información sobre Sustancias Peligrosas del Seguro de Accidentes Social alemán)
Acido crómico (H ₂ CrO ₄) (<1%) CAS#: 7738-94-5	96 horas	No existen informes de ninguno	CL ₅₀	0.0031 mg/L	CEPA (Agencia Canadiense de Protección del Medio Ambiente)
Nombre de la sustancia	Tiempo de exposición	Especies	Tipo de parámetro	Dosis reportado	Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos
Acido sulfúrico, sal de diplatá (1) (<1%) CAS#: 10294-26-5	48 horas	Daphnia magna	CL ₅₀	0.00022 mg/L	GESTIS (Sistema de Información sobre Sustancias Peligrosas del Seguro de Accidentes Social alemán)

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 14 / 17

Toxicidad acuática crónica

No hay datos disponibles.

Persistencia y degradabilidad

Producto Biodegradabilidad datos

No hay datos disponibles.

Bioacumulación

Producto bioacumulación Datos

No hay datos disponibles.

Coefficiente de reparto (n-octanol/agua) -

No hay datos disponibles

Movilidad

Coefficiente de partición carbono orgánico-agua de suelo

No hay datos disponibles

Otros efectos adversos

Contiene una sustancia con un potencial de alteración endocrina.

Sección 13: INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Métodos de eliminación

Residuos de desechos o productos no utilizados Eliminar en conformidad con las reglamentaciones locales. Eliminar los residuos de acuerdo con la legislación ambiental.

Embalaje contaminado No volver a usar los recipientes vacíos.

Sección 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

U.S. DOT

Designación oficial de transporte	Acido Sulfúrico
Número ONU	UN1830
Clase de peligro	8
Grupo de embalaje	II
Disposiciones especiales	A3, A7, B3, B63, B64, IB2, N34, T8, TP2
Decoripolón	UN1830, Acido Sulfúrico, 8, II

Número de la Guía de Respuesta en caso de Emergencia 137

MDG

Número ONU	UN1830
Designación oficial de transporte	Sulphuric acid
Clase de peligro	8
Grupo de embalaje	II
Número EmS	F-A, S-E
Decoripolón	UN1830, Sulphuric acid, 8, II

IATA

Designación oficial de transporte	Sulphuric acid
Número ONU	UN1830
Clase de peligro	8

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 15 / 17

Grupo de embalaje II
Código ERG 8L
Descripción UN1830, Sulphuric acid, 8, II

ADR

Número ONU UN1830
Designación oficial de transporte Acido Sulfúrico
Clase de peligro 8
Grupo de embalaje II
Código de clasificación C1
Descripción UN1830, 2170, 8, II, (E)
Etiquetas 8

Información adicional

Existe la posibilidad de que este producto pudiera estar contenido en un juego de reactivos o un kit compuesto de varios productos peligrosos compatibles. Si el artículo no está en un juego de reactivos o kit, la clasificación indicada anteriormente se aplica.

Si el artículo es parte de un reactivo de juego o kit de la clasificación cambiará a lo siguiente:

UN3316 Equipo químico, Clase de peligro 9, Grupo de embalaje II o III.

Si el artículo no está regulado, no se aplica la clasificación del equipo químico.

Sección 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Inventarios Internacionales

TSCA Cumple/Es conforme con
DSL/NDSL Cumple/Es conforme con
EINECS/ELINC8 Cumple/Es conforme con
ENC8 No cumple/No es conforme con
IEC8C Cumple/Es conforme con
KECL Cumple/Es conforme con
PICCS Cumple/Es conforme con
TC81 Cumple/Es conforme con
Inventario de Sustancias Químicas de Australia AIC8 Cumple/Es conforme con
NZIoC No cumple/No es conforme con

TSCA - Estados Unidos - Ley del Control de Sustancias Tóxicas, Sección 8(b), Inventario

DSL/NDSL - Lista de Sustancias Nacionales y Lista de Sustancias no Nacionales de Canadá

EINECS/ELINC8 - Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas/Lista Europea de Sustancias Químicas Notificadas

ENC8 - Sustancias Químicas Existentes y Nuevas de Japón

IEC8C - Inventario de Sustancias Químicas Existentes de China

KECL - Sustancias Químicas Existentes y Evaluadas de Corea

PICCS - Inventario de Productos y Sustancias Químicas de Filipinas

TC81 - Taiwan Inventario de Sustancias Químicas

AIC8 - Inventario de Sustancias Químicas de Australia (Australian Inventory of Chemical Substances)

NZIoC - Inventario de Sustancias Químicas de Nueva Zelanda

Reglamento País

Brasil

Decreto Federal No. 2.657, 3 de julio de 1998

Norma ABNT NBR 14725-3

Ordenanza No. 229, 24 de mayo de 2011 - Cambios a la Estándar Reguladora No. 26

Norma ABNT NBR 14725-4

Resolución no. 420/2004 - ANTT

Resolución no. 5.232 / 2016 - ANTT

NR 15 Ministerio de Trabajo y Empleo

Código del producto 2125915

Fecha de emisión 05-mar-2019

Versión 4.099999

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama

Fecha de revisión 05-mar-2019

Página 16 / 17

Ordenanza no. 1274/2003
Decreto Federal 3.665 / 2000
Ley no. 12.305 / 10
Ley no. 10.357 / 2001

Argentina

SRT 3359/2015
resolución 801/2015
Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo (Ley 19.587)
Decreto 351/79
19587 Ley Reguladora

Columbia

Law 253, 1996: Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal.
Resolution 2400/1979: Ministry of Labour and Social Security, ACGIH Exposure Limits.
Decision 602, Andean Regulation for the Control of chemical substances used in the illegal manufacture of narcotic drugs and psychotropic substances.
Law 29/1992: Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer and its Amendments.
Law 55/1993: Recommendation No. 177 on the International Work Conference on Safety in the Use of Chemical Products at Work.
Law 30/1990: Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer.
Law 55/1993: Convention No. 170 on the General Conference of the ILO.

Uruguay

Ley 16.157: Aprobación del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.
Ley 17.283: En cuanto a la protección del medio ambiente y gestión de residuos peligrosos.
Decreto Presidencial 346/11: Aplicación del SGA para todos los productos fabricados o distribuidos.
Presidential Decree 519/984: Regulates the activities relating to the use of radioactive materials and ionizing radiation throughout the country.

Ecuador

Ley de Gestión Ambiental - Ley N° 37
NTE INEN 2266:2013 - Requisitos para el transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos
Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente: Libro VI

Sección 16: OTRAS INFORMACIONES

Código o leyenda de las abreviaturas y siglas utilizadas en la hoja de datos de seguridad

NIOSH IDLH	inmediatamente peligroso para la vida o la salud (IPVS)
ACGIH	ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)
NDF	Datos no encontrados

Leyenda - Sección 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

VLE-PPT	Valor Limite de Exposición Promedio Ponderado en el Tiempo	VLE-CT	Valor Limite de Exposición de Corto Tiempo
VLE-P	VLE-P	MAC	MAC
X	Listado/Incluido	Desocupado	Estos valores no tienen carácter oficial. Los únicos niveles de consolidación de contaminantes son los que se enumeran en la final OSHA PEL. Estas listas son para fines de referencia. Tenga en cuenta que algunas regulaciones estatales de referencia de estas "límites de exposición «liberados» en sus regulaciones estatales.
SKN*	Efectos sobre la piel	SKN+	Sensibilización cutánea

Código del producto 2125915

Nombre del producto Solución de digestión para COD
20-1500 mg/L Gama
Fecha de revisión 05-mar-2019
Página 17 / 17

Fecha de emisión 05-mar-2019
Versión 4.099999

RSP	Sensibilización respiratoria	**	Denominación de peligros
C	Carcinógeno	R	Tóxico para la reproducción
M	mutágeno		

NIOSH (RTECS) Número No existen informes de ninguno

Referencias bibliográficas importantes y fuentes de datos

Consultese la Sección 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA
Consultese la Sección 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Preparada por Hach Producto Departamento de Cumplimiento

Fecha de emisión 05-mar-2019

Fecha de revisión 05-mar-2019

Nota de revisión Ninguno(a)

Restricciones de uso Para uso en laboratorio solamente.

Esta hoja de datos de seguridad del material fue elaborada conforme a la legislación brasileña y a la norma ABNT NBR 14726

Descargo de responsabilidad

RESPONSABILIDAD DEL USUARIO: Cada usuario debe leer y comprender bien esta información e incorporarla en los programas individuales de seguridad en el sitio de conformidad con las normas y reglamentos de comunicación de riesgos aplicables.

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SE BASA EN DATOS CONSIDERADOS EXACTOS. SIN EMBARGO, NO EXISTE GARANTÍA EXPRESA O IMPLÍCITA, DE LA EXACTITUD DE ESOS DATOS O DE LOS RESULTADOS QUE SE OBTENGAN AL HACER USO DE ELLOS.

HACH COMPANY©2018

Fin de la Hoja de Datos de Seguridad

ANEXO 6



Figura 46 *Instalación del prototipo del Reactor DHS de primera generación en el invernadero multifuncional con el permiso del ingeniero David Licapa.*

ANEXO 7



Figura 47 *Resultados y viales de la medición de Demanda Química de Oxígeno mediante el uso del Colorímetro DR/980 – 1° Período.*

ANEXO 8



Figura 48 *Presencia de algas en el tanque regulador de caudal y esponjas de cada módulo de transferencia.*

ANEXO 9



Figura 49 *Corte y cambio de esponjas por la contaminación de algas en el Reactor DHS de primera generación.*

ANEXO 10

ACTIVIDADES	1° SEM	2° SEM	3° SEM	4° SEM	5° SEM	6° SEM	7° SEM	8° SEM
Diseño del reactor DHS-G1								
Compra de materiales								
Montaje del piloto de reactor DHS-G1								
Recojo y traslado de efluente del reactor UASB								
Arranque del reactor DHS-G1								
Recojo y traslado del agua residual – CITRAR FIA-UNI								
1° Toma de muestra del afluente y efluente del Reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=28.8L/día)								
2° Toma de muestra del afluente y efluente del Reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=14.4L/día)								
Recojo y traslado del agua residual - CITRAR								
3° Toma de muestra del afluente y efluente del Reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=28.8L/día)								
4° Toma de muestra del afluente y efluente del Reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=14.4L/día)								
Recojo y traslado del agua residual – CITRAR FIA-UNI								
5° Toma de muestra del afluente y efluente del reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=14.4L/día)								

6° Toma de muestra del afluente y efluente del reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=28.8L/día)								
Recojo y traslado del agua residual – CITRAR FIA-UNI								
7° Toma de muestra del afluente y efluente del reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=14.4L/día)								
8° Toma de muestra del afluente y efluente del reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=28.8L/día)								
Recojo y traslado del agua residual – CITRAR FIA-UNI								
9° Toma de muestra del afluente y efluente del reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra - DQO (Q=14.4L/día)								
10° Toma de muestra del afluente y efluente del reactor DHS-G1								
Análisis de la muestra – DQO (Q=28.8L/día)								
REDACCIÓN DEL TRABAJO FINAL								

Figura 50 Cronograma de actividades

ANEXO 11

RECURSOS			
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO S/.
ESPONJAS	m2	3	20
TUBOS DE 4 PULG.	m	2	12
TUBOS DE 6 PULG.	m	2	16
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	und	1	80
GALÓN DE 40L	und	1	20
EMBUDOS	und	6	6
MATERIAL DE GASFITERÍA	und	-	100
ANÁLISIS DE LABORATORIO viales	1 muestra	36	720
TRANSPORTE	soles por viaje	5	250
COSTO TOTAL			1174

Figura 51 Presupuesto.