



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
(ERIS)

**CALIDAD DEL AGUA PROVENIENTE DE CAFETERÍAS, UTILIZANDO
TRITURADORES DE COCINA**

Ing. Juan Roberto Catalán López

Asesorado por el MSc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos

Guatemala, Abril de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CALIDAD DEL AGUA PROVENIENTE DE CAFETERÍAS, UTILIZANDO
TRITURADORES DE COCINA**

ESTUDIO ESPECIAL

PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS)
POR

ING. JUAN ROBERTO CATALÁN LÓPEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. ADÁN ERNESTO POCASANGRE
COLLAZOS

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO (MAGISTER SCIENTIFICAE) EN CIENCIAS
DE INGENIERÍA SANITARIA

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

EXAMINADOR	MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis
EXAMINADOR	MSc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos
EXAMINADOR	MSc. Ing. Zenón Much Santos

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CALIDAD DEL AGUA PROVENIENTE DE CAFETERÍAS, UTILIZANDO TRITURADORES DE COCINA

Tema que me fuera asignado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, con fecha 24 de abril de 2015.

Ing. Juan Roberto Catalán López

Correo electrónico: catalan.roberto@yahoo.com

Carnet: 1005212

Guatemala, 28 de abril 2021

Señores Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS):

Respetuosamente les comunico que he revisado y aprobado, en mi calidad de asesor y coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, el informe final del Estudio Especial titulado:

**CALIDAD DEL AGUA PROVENIENTE DE CAFETERÍAS, UTILIZANDO
TRITURADORES DE COCINA**

Presentado por el estudiante:

Ing. Juan Roberto Catalán López

Les manifiesto que el estudiante cumplió en forma satisfactoria con todos los requisitos establecidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos - ERIS- y por la Universidad de San Carlos de Guatemala en la realización de su estudio. Agradeciéndoles de antemano la atención a la presente, se suscribe de ustedes,

Atentamente,
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Digitally signed
by Adan Pocasangre
Collazos

Date: 2021.04.29
18:59:31 -06'00

M.Sc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos
Coordinador Maestría en Ciencias en Ingeniería
Sanitaria

Guatemala, 29 de abril de 2021

El director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos - ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: M.Sc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre, M.Sc. Ing. Zenón Much Santos y, M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria M.Sc Ing. Adán Ernesto Pocasangre y la revisión lingüística realizada por la Licenciada Jéssica Melgarejo Monterroso, Colegiada No. 27003, al trabajo del estudiante Ing. Juan Roberto Catalán López, titulado: **CALIDAD DEL AGUA PROVENIENTE DE CAFETERÍAS, UTILIZANDO TRITURADORES DE COCINA.** En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala a los veintinueve días del mes de abril de 2021.

Imprimase

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M. Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

DIRECTOR

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser supremo, le doy gracias por su misericordia, amor, fortaleza y sabiduría, sin Él nada es posible.
Mis padres (q.e.p.d.)	Los recuerdo siempre con alegría y gratitud, por sus enseñanzas, y por haberme inculcado el amor a Dios.
Mis hermanas	Miriam y Yolanda Catalán López, por el apoyo moral; en especial a mi hermana Miriam, por su sabiduría y perseverancia.
Mi hija	Andrea Catalán, por su apoyo, amor, fortaleza y sabiduría, que me animan e impulsan en el hermoso y largo camino de la vida.
Mi sobrina	Lucía Catalán, por impulsarme con su amor y sabiduría hacia el éxito personal y profesional.
Mi colega y amigo Ing. Kevin Zea	Por su apoyo y confianza incondicional.
Mi asesor Ing. Adán Pocasangre	Por su amistad, apoyo y conocimiento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por hacer honor a su lema “Id y enseñad a todos”, y especialmente a la ERIS, por la formación integral de Maestros en Ingeniería Sanitaria.
Mis padres (q.e.p.d.)	Por haberme inculcado el amor a Dios, valores morales y espirituales; les estoy agradecido eternamente.
Lic. Rolman Ordóñez	Por su ayuda, ética, humildad, don de gente y apoyo.
Ing. Adán Pocasangre	Por su tiempo y dedicación durante las consultas; por compartir su experiencia y conocimiento para el desarrollo de este trabajo.
Ing. Kevin Zea	Por su espacio y tiempo para aclarar consultas, y llevar a cabo el desarrollo de este trabajo.
Ing. Zenón Much	Por su dedicación en la dirección de la ERIS, sus consejos, su tiempo y conocimiento compartido.

Ing. Pedro Saravia Celis

Por su amistad, conocimiento, experiencia y sabiduría, en la realización de este trabajo y en el ámbito profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XVII
JUSTIFICACIÓN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
HIPÓTESIS.....	XXII
ANTECEDENTES.....	XXIII
ALCANCES Y LIMITANTES	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Aguas residuales.	1
1.1.1. Aguas residuales de tipo ordinario.....	1
1.1.2. Aguas residuales de tipo especial.	1
1.2. Clasificación.	1
1.2.1. Aguas residuales domésticas.	2
1.2.2. Aguas residuales comerciales.	4
1.2.3. Aguas residuales industriales.	5
1.3. Composición de las aguas residuales domésticas y comerciales.	6
1.3.1. Aguas negras.....	8
1.3.2. Aguas grises.....	8
1.3.2.1. Cantidad de aguas grises.....	10
1.3.2.2. Consumo de agua por diversos aparatos domésticos.....	12

1.4.	Trituradores de desechos de comida (TDC)	13
1.4.1.	Definición.....	13
1.4.2.	Uso de trituradores de desechos de comida.	13
1.4.3.	Funcionamiento de un triturador de residuos de comida.....	14
1.4.4.	Instalación y operación de un TDC.	15
1.5.	Beneficios de un triturador.	16
1.5.1.	Los trituradores de residuos de comida y la industria del agua.	16
1.6.	Impacto de los trituradores de residuos de comida.	17
1.6.1.	Impacto sobre el sistema de alcantarillado.....	17
1.6.2.	Impacto sobre el agua residual y los procesos de tratamiento de agua.	18
2.	METODOLOGÍA.....	21
2.1.	Delimitación del area de muestreo.....	22
2.1.1.	Información general de la cafetería.....	23
2.2.	Procedimiento.	24
2.2.1.	Desarrollo del proceso.	24
2.3.	Tipo de muestreo.	29
2.3.1.	Análisis estadístico para determinar el número de muestras.....	29
2.3.2.	Prueba de hipótesis.....	31
3.	RESULTADOS	33
3.1.	Análisis de los parámetros	33
3.2.	Cálculo de las variables estadísticas.....	34
3.2.1.	Demanda Química de Oxígeno (DQO).	34
3.2.2.	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	36
3.2.3.	Sólidos suspendidos (SS).	38

4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
4.1.	Análisis de porcentaje de incremento de cada variable.....	41
4.2.	Cálculo de relación de biodegradabilidad.....	44
4.2.1.	Análisis de las covariables.....	46
	CONCLUSIONES	47
	RECOMENDACIONES.....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	APÉNDICES	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Variación del agua residual y concentración de SS.....	4
2.	Triturador de residuos de comida	15
3.	Ubicación del punto de muestreo	22
4.	Colocación de TDC.....	25
5.	Diagrama de flujo del proceso.....	27
6.	Equipo de análisis de muestras.....	28
7.	Residuos sólidos.....	28
8.	Curvas de niveles de confianza.....	30
9.	Diagrama para análisis distribución t de <i>student</i>	31
10.	Introducción de datos de variables de DQO.....	36
11.	Análisis de hipótesis de DQO	36
12.	Introducción de datos de DBO ₅	38
13.	Análisis de hipótesis de DBO ₅	38
14.	Introducción de datos de sólidos suspendidos	40
15.	Análisis de hipótesis de sólidos suspendidos.....	40
16.	Muestras de DBO ₅	43
17.	Muestras de sólidos suspendidos.....	43

TABLAS

I.	Composición del agua doméstica.....	3
II.	Caudales residuales de establecimientos comerciales	5
III.	Composición típica del agua residual doméstica bruta.....	7

IV.	Uso del agua convertida en agua gris	10
V.	Demanda de agua para diferentes actividades domésticas.....	11
vi.	Composición del agua doméstica.....	3
vii.	Caudales residuales de establecimientos comerciales	5
viii.	Composición típica del agua residual doméstica bruta.....	7
ix.	Uso del agua que se convierte en agua gris	10
x.	Demanda de agua para diferentes actividades domésticas	11
xi.	Consumo de agua por diversos aparatos domésticos.....	12
xii.	Factores de aportación <i>per cápita</i> a la contaminación	19
xiii.	Resultado de las muestras	33
xiv.	DQO. <i>Hypothesis test. Independent groups (t-test, pooled variance)</i>	35
xv.	<i>Hypothesis test. Independent groups (t-test, pooled variance)</i>	37
xvi.	<i>Hypothesis test. Independent groups (test, pooled variance)</i>	39
xvii.	Resultados de incrementos porcentuales con triturador.....	42
xviii.	Biodegradabilidad.....	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza
Q	Caudal
cm	Centímetro
cm³/s	Centímetros cúbicos por segundo
G	Constante gravitacional
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días
DQO	Demanda química de oxígeno
H1	Hipótesis alternativa
H0	Hipótesis nula
Hz	Hertz
kg/dm³	Kilogramo por decímetro cúbico
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
L	Litros
L/m³	Litros por metro cúbico
L/p/d	Litros por persona por día
L/s	Litros por segundo
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/h	Metros por hora
m/s	Metros por segundo
m/s²	Metros por segundo al cuadrado

mg	Miligramos
mg/l	Miligramos por litro
ml	Mililitros
mm	Milímetros
min	Minutos
NH₃-N	Nitrógeno amoniacal
pH	Potencial de Hidrógeno
s	Segundos
SS	Sólidos suspendidos
Temp	Temperatura
T	Tiempo
V	Voltio

GLOSARIO

Aguas grises

Componente del agua residual que contiene grasas y aceites, espumas, material orgánico e inorgánico, proveniente de fregaderos, lavamanos, duchas y lavaderos.

Aguas negras

Componente del agua residual, con heces y orina, proveniente de inodoros, mingitorios y bidés. Su nombre es por la materia orgánica descompuesta, se torna de color negro.

Biodegradabilidad

Capacidad de descomposición de la materia en subproductos químicos naturales.

Caudal

Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo; puede expresarse en litros por segundo (l/s).

CEPIS

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.

CIERIS	Centro de Información de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Coliformes fecales	Parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y bacterias patógenas. Proviene del tracto digestivo de los humanos y animales de sangre caliente.
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno. Cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia biodegradable, transcurridos 5 días desde que inicia la reacción de oxidación. Se expresa en miligramos por litro (mg/l).
Desviación estándar	Medida estadística que define cuán separados están los datos en su conjunto.
DQO	Demanda química de oxígeno. Mide la cantidad de materia orgánica e inorgánica capaz de oxidarse por medios químicos en una muestra de agua. Se expresa en miligramos por litro (mg/l).
Efluente	Descarga producido por un ente generador de caudal.

GTZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica, por sus siglas en alemán.
Hidrocarburos	Compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.
Límite máximo permisible	Valor máximo de un parámetro, el cual no debe ser excedido según el reglamento o ley de aguas normado país.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala.
Metales pesados	Elementos presentes en diferente estado de oxidación en el agua, aire y suelo, con diversos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua.
Muestreo (agua)	Obtener una parte representativa del agua en estudio, según los parámetros a analizar.
Normalidad	Distribución normal estadísticas de un conjunto de datos.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.

Parámetros de agua	Variables o características físicas, químicas o microbiológicas del agua.
Peso específico	Peso de un cuerpo por unidad de volumen, expresado en gramos por centímetro cúbico, g/cm ³ .
Potencial de hidrógeno	Indica la concentración de iones de hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de acidez de la disolución. También se expresa como pH.
Pretratamiento	Tratamiento previo al afluente de un sistema de tratamiento, cuando es necesario remover algún contaminante que interfiera en el proceso.
Producto fitosanitario	Plaguicida, sustancia destinada a prevenir la acción o destruir los insectos, ácaros, moluscos, roedores, hongos, malas hierbas, bacterias y otras formas de vida perjudiciales para la salud pública.
Sólidos sedimentados	Cantidad de sólidos que se asientan en el fondo por tener mayor densidad que el agua. Se expresa en centímetros cúbicos por litro (cm ³ /l).
Sólidos suspendidos	Son las partículas no disueltas y en suspensión que dan cierto aspecto y color

al agua. Se asocian con la turbiedad del agua; son expresadas en miligramos por litro (mg/l).

Tiempo de retención

Tiempo que transcurre cuando el líquido atraviesa de inicio a fin un proceso hidráulico.

Tratamiento de agua

Procesos que se le dan al agua para remover materia indeseable o perjudicial para la salud y ambiente.

Turbiedad

Parámetro físico que mide el paso de la luz a través del agua y la dispersión que las partículas en ella refractan. Entre más partículas suspendidas haya, mayor será la concentración de turbiedad.

RESUMEN

En el presente estudio se evalúa y compara la calidad del agua proveniente de la cocina de una cafetería, resultado de la descarga de un triturador de desechos comercial y la descarga sin el uso de este; lo cual servirá para caracterizar los parámetros siguientes: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos (SS), y Demanda Química de Oxígeno (DQO). En la relación DQO/DBO_5 , se utiliza la DQO, para ver el tipo de agua residual, determinando así su biodegradabilidad y complementando con el DBO_5 y SS, para tener un buen parámetro en el diseño de las diferentes unidades de tratamiento de aguas residuales que contengan este tipo de descargas, según sus características específicas.

El experimento se desarrolló con aguas residuales comerciales provenientes de la descarga de la cafetería Nissi del edificio T2, Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se midieron durante 8 días los parámetros anteriormente indicados sin usar el triturador y luego usando el triturador y se compararon. Dicho análisis se realizó en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS).

Se determinaron las variables de comparación de los trituradores comerciales para cocinas, en donde los residuos domésticos son los residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente, generados en el ámbito domiciliario y comercial y lo experimentado en la cafetería. Las variables dependientes son: DBO_5 , SS y DQO. Las variables independientes son: agua de descarga sin triturador y agua

de descarga con triturador. Se analizaron otras covariables como el caudal, cantidad de comida, horarios, así como el tiempo y volumen de lavado.

Se obtuvo un número de repeticiones de 8, por cada una de las variables independientes; en total se hicieron 16 mediciones; de estas se hicieron las comparaciones correspondientes y se analizaron los resultados.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas grises son un importante componente de las aguas residuales, ya sean domésticas, comerciales o industriales; están compuestas de altos porcentajes de grasas, aceites y espumas, provenientes de detergentes y jabones. Los jabones y detergentes están contenidos en el agua que llega de fregaderos, lavamanos, duchas y lavaderos; las aguas residuales comerciales aportan gran cantidad de agua gris, que es procedente de centros comerciales, restaurantes, lavanderías, y hoteles.

Las aguas grises tienen nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, y un alto porcentaje de DBO₅, DQO y SS; por esto, al ser vertidas sin tratamiento a los cuerpos receptores provocan un desequilibrio ambiental, cambiando los niveles de pH (potencial de Hidrógeno) e incrementando la turbiedad del agua, y otros elementos, dependiendo de lo que componga al efluente. Ahora en el caso de los trituradores de desechos de comida, que es el objeto del estudio, aumentan la carga orgánica y los sólidos suspendidos en el orden de 25 % para la DBO₅ y el 33 % para los SS, de acuerdo con los datos propuestos por Metcalf y Eddy¹.

Además, mezcladas con las aguas grises, se podrá ver si necesitan un pretratamiento, ya que si no se hiciera, provocarían inestabilidad en el sistema, encareciendo los costos del proceso de tratamiento.

A partir de un análisis de los datos de composición de las aguas residuales procedentes de numerosos municipios, ha sido posible obtener factores de

¹ METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 190.

aportación unitaria para los principales contaminantes presentes en aguas residuales.

Las trituradoras de desperdicio de comida provocan un incremento en la contribución a la DBO₅ y SS, siendo del 25 % y 33 %, respectivamente; por lo tanto si su implementación en una comunidad se lleva a cabo en una forma generalizada, las trituradoras de desechos, pueden tener un efecto importante sobre la concentración del agua residual².

Lo que conduce a un aumento del tamaño de las unidades de proceso de sólidos y de las unidades de tratamiento biológico. “A menudo en las plantas de tratamiento existentes se sufren sobrecargas conforme se van instalando procesos innovadores en el sistema”³.

² METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 191.

³ *Ibíd.*

JUSTIFICACIÓN

En Europa y Estados Unidos son de uso regular los trituradores de desechos orgánicos comerciales en cocinas, y en Latinoamérica hay un marcado interés, siendo la tendencia reducir los desechos sólidos orgánicos y disminuir el tiempo de su eliminación, esto por la proliferación de bacterias e insectos.

Los trituradores reducen la materia orgánica licuándola y eliminándola a través del drenaje de aguas residuales, así también disminuyen el tiempo de su eliminación; es por ello por lo que se ha incrementado su uso, siendo necesario determinar cómo afecta esto en la calidad del agua residual. En este estudio se analiza la DBO₅, DQO y los sólidos suspendidos (SS), para tener un parámetro que sirva de guía en el diseño de diferentes unidades de tratamiento de aguas residuales, según sus características específicas, para sugerir un tratamiento previo antes de descargar a la red de alcantarillado.

OBJETIVOS

General

Comparar el agua residual proveniente de los trituradores comerciales de desechos en cocinas, analizando la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), los sólidos suspendidos (SS) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Específicos

- Determinar si existe diferencia porcentual en los parámetros DBO_5 , SS y DQO, analizando el agua residual de descarga proveniente de los trituradores en cocinas.
- Determinar la biodegradabilidad del agua residual proveniente de los trituradores en cocinas.
- Tomar como guía los valores que se obtengan de este análisis para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con los parámetros de diseño.

HIPÓTESIS

Existe diferencia porcentual en la descarga de aguas residuales, usando trituradores de cocina, con respecto a los parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) que es igual o superior a 25 % y los sólidos suspendidos (SS) que es igual o superior a 33 %.

ANTECEDENTES

En el Centro de Información de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (CIERIS), no se registran investigaciones en relación con el uso de trituradores de desechos.

Tampoco se han realizado investigaciones relacionadas sobre el tema en otros centros de información en Centroamérica. Se ha encontrado información en España, que se ha elaborado conforme a la normativa de la Unión Europea, para tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

Los trituradores de desechos comerciales fueron desarrollados en Estados Unidos hace aproximadamente 80 años, y en la actualidad, alrededor del 50 % de los hogares cuenta con uno de estos dispositivos, pero su uso es relativamente bajo en los estados miembros de la Unión Europea⁴.

Los residuos domésticos que incluyen restos de comida y desperdicios de cocina corresponden a la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, cuya gestión y manejo es especialmente difícil debido a su alto contenido de humedad y rápida putrefacción.

Su disposición en vertederos da lugar a la formación de lixiviados que pueden causar impactos ambientales severos como la contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales y la emisión de gases de efecto invernadero.

⁴ LASTRA BRAVO, Tania Elizabeth. *Caracterización experimental de la fracción orgánica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. p. 194.

Con la finalidad de controlar estos impactos entró en vigor la directiva de vertederos de la Unión Europea y exigió a los estados miembros la reducción de la cantidad de desechos biodegradables que van a parar a vertederos en 75 % en 2006, 50 % en 2009 y 35 % en 2016, con base en el nivel de producción de desechos de 1995.

Para lograr este objetivo se ha promovido la implementación de varias alternativas de gestión de residuos que incluye la recolección, separación y reciclaje, el compostaje centralizado y en casa, la incineración centralizada, la digestión anaerobia y el uso de trituradores de residuos de comida⁵.

Los trituradores de basura inducen a un incremento en la contribución de la DBO₅ del orden del 25 %; así mismo, el incremento en los SS puede cifrarse en torno al 33 %⁶.

⁵ LASTRA BRAVO, Tania Elizabeth. *Caracterización experimental de la fracción orgánica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. p. 192.

⁶ METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 191.

ALCANCES Y LIMITANTES

Alcances

Se investigaron temas que se relacionan con aguas grises, aguas residuales comerciales y trituradores de desechos en cocinas, usando bibliografía física, y digital.

Siendo una investigación cuantitativa, se determina una hipótesis y se trabajó a fin de establecer si la misma es verdadera o falsa.

Se estudiaron los parámetros de DQO, DBO₅ y SS, en la descarga de agua de la cafetería, sin triturador y con triturador para poder hacer la comparación necesaria.

Limitantes

El estudio se realizó en la cafetería Nissi de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicada en el primer nivel de la Facultad de Arquitectura. Esto debido a la dificultad del acceso a diferentes restaurantes comerciales de la ciudad capital, ya que estos ostentan políticas de protección y manejo de información confidencial.

INTRODUCCIÓN

El triturador de desechos de comida es un aparato necesario en la cocina actual. Un triturador de desechos no solo ofrece comodidad en el manejo de desechos, sino que también proporciona una respuesta responsable con el medio ambiente al creciente problema de la generación de los desperdicios de comida.

Es una manera sencilla de procesar y eliminar los desperdicios de comida. Se adapta con facilidad y discreción bajo el fregadero. Un triturador de desechos desmenuza sin esfuerzos los desperdicios de comida en diminutas partículas que se eliminan automáticamente a través del desagüe convencional de la cocina, pasando al sistema de desagüe local o a una fosa séptica. Ahorra el tiempo invertido en procesar el desperdicio de comida sucio y mal oliente, evitando la molestia de llenar y vaciar los cubos de basura. Se contribuye en la mejora del medio ambiente, evitando la gestión de los residuos sólidos.

En el presente trabajo se evalúa la descarga del agua sin triturador y con triturador, para ver y analizar la diferencia, caracterizando el DBO₅, DQO y SS; todo esto teniendo como base las características de la población guatemalteca, Esto servirá para determinar los parámetros de diseño de diferentes unidades de tratamiento de aguas residuales.

Los análisis de las muestras y la caracterización fisicoquímica del agua proveniente de la descarga del agua con triturador y sin él, se realizaron en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS). Se analizarán los resultados obtenidos, por medio del programa Megastat, versión 2013, para el establecimiento de la verdad de la hipótesis, dando así conclusión al estudio.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que a través de diferentes procesos llegan a los sumideros y son transportados por medio del sistema de alcantarillado. Son las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas; se les clasifica en aguas residuales de tipo ordinario y especial.

1.1.1. Aguas residuales de tipo ordinario

Proviene de las actividades domésticas, tales como uso en sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otros similares, así como la mezcla de las mismas que se conducen a través del alcantarillado.

1.1.2. Aguas residuales de tipo especial

Son generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias, comerciales y todas aquellas que no sean ordinarias, así como la mezcla de las mismas.

1.2. Clasificación

A continuación, se describen las diferentes clases de agua residual.

1.2.1. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales se clasifican en aguas negras y grises; en su uso doméstico llegan a un registro y luego van a dar a una fosa séptica o al alcantarillado general; para las comerciales, lo ideal es que se conduzcan en tubos separados, para dar el pretratamiento adecuado a las aguas grises.

Son producidas en las diferentes actividades en el interior de una vivienda, colegios, entre otros. Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones, y están compuestos de aguas negras (uso del inodoro) y aguas grises (preparación de alimentos, lavado de ropa y platos, limpieza de la casa, higiene personal y lavado de vehículos).

La diferencia de las aguas residuales en los países desarrollados y los que se encuentran en vías de desarrollo puede atribuirse a factores como los cambios tecnológicos de la civilización moderna, que han producido ciertos cambios en las características de las aguas residuales domésticas.

Las características de las aguas residuales domésticas se determinan por su composición física, química y biológica, pero existen parámetros preestablecidos para fijar los principales componentes que ayudan a la caracterización de las aguas, como se muestra en la siguiente tabla.

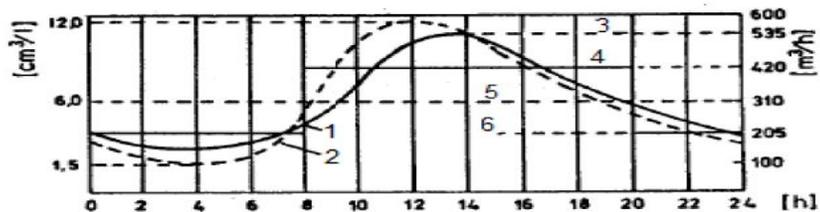
Tabla I. **Composición del agua doméstica**

Parámetros (mg/l)	Unidades	Concentración		
		Alta	Media	Baja
Sólidos totales (ST)	mg/l	1 000	500	200
Sólidos suspendidos (SS)	mg/l	500	300	100
Sólidos sedimentables	mg/l	12	8	4
DBO ₅	mg/l	300	200	100
DQO	mg/l	900	450	200
Nitrógeno total	mg/l	85	50	25
Fósforo total	mg/l	20	10	6
Cloruros	mg/l	175	100	15
Sulfato	mg/l	50	30	20
Alcalinidad (CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasas y aceites	mg/l	40	20	0
Consumo de oxígeno	mg/l	150	75	30

Fuente: GTZ/CEPIS. Manual de disposición de aguas residuales. p. 17.

El consumo de agua está relacionado con los hábitos y condiciones; al ser mejores, hay más gasto de agua; el volumen varía, horaria, diaria y anualmente. Se incrementa al comienzo de la semana con el lavado de ropa y al fin de semana con la limpieza del hogar, reduciéndose fines de semana y días de asueto. Hay también cambios representativos durante todo el día de la producción de agua residual; tiene un incremento en la mañana, llegando al máximo al medio día y desciende progresivamente llegando a un punto mínimo en la noche. En la figura 1 se presenta la fluctuación por cada 50 000 habitantes en 24 horas.

Figura 1. Variación del agua residual y concentración de SS



- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Cantidad de aguas residuales por hora; | 4. Promedio en el día; |
| 2. Sustancias sedimentadas; | 5. Promedio durante las 24 horas; |
| 3. Picos diarios; | 6. Promedio en la noche. |

Fuente: GTZ/CEPIS. *Manual de disposición de aguas residuales*. p. 12.

1.2.2. Aguas residuales comerciales

Son las aguas provenientes de los centros comerciales, identificándose también como los efluentes de comercios, restaurantes, cafeterías, lavanderías, hoteles, centros turísticos, supermercados, mercados, hospitales, cines, teatros, bares, entre otros.

Se diferencian de las domésticas por el alto contenido de aguas grises, alta concentración de grasas, aceites, jabones, detergentes y exceso de sólidos.

Por el contenido de estas aguas se recomienda darle un pretratamiento como trampas de grasa, aceites y sólidos. En la tabla II se dan a conocer los caudales típicos de distintos comercios.

Tabla II. **Caudales residuales de establecimientos comerciales**

Fuente	Unidad	Caudal (litros/unidad-día)	
		Rango	Típico
Aeropuerto	Pasajero	8-15	11
Bar	Cliente	5-20	10
	Empleado	40 - 60	50
Hotel	Cliente	150 - 210	180
	Empleado	25 - 50	40
Lavandería	Máquina	1 700 - 2 500	2 100
	Lavadora	170 - 210	190
Cafetería	Cliente	4 -10	8
	Empleado	30 - 45	40
Comedor	Plato	15 - 40	26
Motel	Persona	90 -150	120
Oficina	Empleado	25 - 60	50
Restaurante	Plato	8 -15	10
Centro comercial	Parqueo	4 - 8	8
	Empleado	25 - 50	40

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. p.31.

1.2.3. Aguas residuales industriales

Son las producidas por actividades industriales, conteniendo una gran variedad de sustancias químicas, algunas peligrosas. Si se desea determinar su cantidad y composición se debe realizar un análisis local que incluya las siguientes causas:

- Diferencia en el tipo de industria
- Distintos materiales básicos
- Procesos de fabricación
- Tamaño de las plantas
- Métodos de operación y mantenimiento
- Diferencia en el suministro de energía
- Condiciones locales
- Sistemas de recirculación⁷

1.3. Composición de las aguas residuales domésticas y comerciales

Las aguas residuales están conformadas por aguas negras y grises y su composición se da a conocer en la tabla III. En uso doméstico, estas normalmente se mezclan en registros ubicados dentro o fuera de la casa y finalmente son dirigidas a un tanque séptico o al alcantarillado sanitario, en caso de que se disponga del mismo. Para las aguas residuales comerciales, lo ideal es que las aguas grises y negras se conduzcan por diferentes tuberías para lograr dar el pre tratamiento adecuado antes de ser mezcladas y colectadas con las aguas negras.

El uso doméstico del agua comprende su abastecimiento en zonas residenciales, comercios, instituciones y espacios recreacionales; los usos más comunes son: para bebida, limpieza, higiene, fines culinarios, evacuación de residuos y regado de jardines⁸.

⁷ GTZ/CEPIS. *Manual de disposición de aguas residuales: origen, descargas, tratamiento y análisis de las aguas residuales*. p. 31.

⁸ METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 125.

El aprovechamiento racional y planificado del recurso hídrico es condición esencial para el éxito del sistema integrado de tratamiento y uso de las aguas residuales⁹.

Tabla III. **Composición típica del agua residual doméstica bruta**

Parámetros (mg/l)	Unidades	Concentración		
		Alta	Media	Baja
Sólidos totales (ST)	mg/l	1 200	720	350
Sólidos suspendidos (SS)	mg/l	350	220	100
Sólidos sedimentables	ml/l	20	10	5
DBO ₅	mg/l	400	220	110
DQO	mg/l	1 000	500	250
Nitrógeno total	mg/l	85	40	20
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfato	mg/l	50	30	20
Alcalinidad (CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasas y aceites	mg/l	150	100	50
Coliformes totales	NMP/100 ml	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. p.125.

⁹ GARZA ALMANZA, Victoriano. *Estudio general del caso Valle de Juárez, México*. Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS 2000 – 2002. p. 57.

1.3.1. Aguas negras

Las aguas negras se refieren a un tipo de agua contaminada con sustancias fecales y orina procedente de desechos orgánicos humanos o animales. “Su nombre se debe a que el agua alcanza ese color cuando se ha descompuesto, ya que inicialmente es de color café claro”¹⁰.

Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. Las aguas negras no contienen tantos productos químicos como las grises, pero sí bastantes microorganismos patógenos, causantes de enfermedades como la bacteria *Escherichia coli*, indicadora de contaminación fecal.

Se presentan también bacterias no patógenas que descomponen la materia orgánica mediante procesos de hidrólisis, reducción y oxidación, participando también fermentadores y enzimas; por último, estas aguas contienen hormonas, estimulantes y vitaminas provenientes de las excretas de personas y animales¹¹.

1.3.2. Aguas grises

Son todas aquellas que han sido utilizadas para la higiene corporal, así como la cocina y sus utensilios; básicamente son aguas con jabón y algunos residuos grasos, detergentes, blanqueadores, desengrasantes, cloro, limpia

¹⁰ ROMERO ROJAS, Jaime A. *Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica; identificación del problema*. p. 125.

¹¹ GTZ/CEPIS. *Manual de disposición de aguas residuales: origen, descargas, tratamiento y análisis de las aguas residuales*. p. 190.

pisos, entre otros. Las aguas negras también son el resultado de la transformación de las aguas grises, cuando estas son retenidas sin oxigenarse en determinado tiempo.

Las aguas grises se caracterizan por altos contenidos de productos químicos difíciles de degradar como fosfatos y clorados. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar las plantas.

En algunos lugares, el agua de la cocina es considerada agua gris, mientras que en otros se clasifican como aguas negras, lo mismo que el agua del inodoro. El agua proveniente del inodoro, así como la del lavado de pañales, no debe ser considerada agua gris¹².

Por su aporte de fósforo y nitrógeno, contaminan lagos y ríos, acelerando su eutrofización. Pero estas propiedades también las convierten en una fuente reutilizable, en terrenos para el riego, jardinería y horticultura, con su debido control, logrando ahorros hasta de un 45 % de agua potable.

Las aguas grises pueden afectar y causar graves problemas debido a su composición; las grasas, aceites y espumas que contienen pueden generar taponamientos en tuberías; las natas y espumas afectan los procesos en las plantas de tratamiento, evitando la adecuada transferencia de oxígeno, y los nutrientes como el fósforo incrementan el crecimiento de algas.

¹² ALLEN, Laura. *Manual de diseño para manejo de aguas grises*. p. 2.

1.3.2.1. Cantidad de aguas grises

La producción de agua gris aumenta conforme el tamaño de la familia, pero entre más grande la familia, la producción *per cápita* disminuye. El mayor porcentaje de agua consumida termina como agua gris.

Tabla IV. **Uso del agua que se convierte en agua gris**

Cantidad de agua según dispositivo (l/persona/día)					
Aspecto	Lavandería	Ducha	Lavamanos	Cocina	Jardines
Promedio	13	83	9	73	10
Desviación estándar	13	51	8	67	5
Coefficiente de variación	0.96	0.61	0.86	0.87	0.53

Fuente: JAMRAH A.; PRATHAPAR, A. Universidad de Sultán Qaboos, Omán. p.17.

La cantidad de agua demandada para las actividades domésticas en un hogar de al menos 6 personas, presente en la tabla IV, tiene cierto rango de variabilidad y también asegura que al mejorar las condiciones de vida se incrementen los consumos de agua; por consiguiente, la cantidad de agua desechada, especialmente para el caso de tinas o duchas, limpieza de apartamentos grandes, funcionamiento de nuevos artefactos domésticos, riego de césped y jardín y lavado de más cantidad de automóviles y ambientes exteriores, al incrementar su consumo, desciende la concentración de contaminantes en las aguas de vertido.

Tabla V. **Demanda de agua para diferentes actividades domésticas**

Actividad	Litros por actividad y/o por vez
Lavado de platos manual	10 - 25
Lavado de platos automático	20 - 45
Lavado de ropa (4 kg) manual	250 - 300
Con lavadora	100 - 180
Limpieza de la casa con cubetas de agua	8 - 10
Higiene personal	
Lavado de manos	2 - 5
Ducha rápida	40 - 80
Baño en ducha	80 - 140
Baño en tina pequeña	200 - 250
Baño en tina grande	30 - 50
Baño de niños	30 - 40
Inodoro	
Con tanque alto	8 - 12
Con tanque integrado	12 - 15
Con conexión directa al sistema de agua	6 - 14
Lavado de automóviles	
Con cubo	20 - 40
Con manguera	100 - 200
Riego de césped (l/m ² /a)	5 - 10

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. p.14.

1.3.2.2. Consumo de agua por diversos aparatos domésticos

Se especifican valores típicos de los consumos para algunas aplicaciones y aparatos domésticos en la tabla VI.

Tabla VI. Consumo de agua por diversos aparatos domésticos

Aparato/actividad	Unidad	Intervalo	Valor típico
Lavadora automática	l/lavado	75 - 190	115
Lavavajillas automático	l/ciclo	15 - 40	20
Bañera	l/baño	75 - 115	90
Fuente de caudal continuo	l/min	4 - 8	4
Lavavajillas industrial:			
Tipo cinta transportadora	l/min	15-20	18
Tipo rejilla estacionaria	l/min	20-35	30
Manguera de incendios, 38 mm de carga, 19 mm	l/min	130-150	140
Triturador de basura			
Uso doméstico	l/per-día	2 - 4	3
Manguera de jardín 16 mm, 8 m de carga	l/min	15 - 20	18
Aspersor	l/min	4 - 11	8
Lavabo	l/uso	3 - 8	5
Retrete	l/min	75 - 115	95
Retrete con cisterna	l/uso	15 - 20	18

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. p.26.

1.4. Trituradores de desechos de comida (TDC)

A continuación se describe en qué consiste un triturador de comida y cómo se utiliza.

1.4.1. Definición

Un triturador de desechos de comida es un moderno electrodoméstico para cocinas que ofrece una manera cómoda de procesar los desperdicios de comida del hogar.¹³

Se instala debajo del fregadero de la cocina, y por medio de él, los desechos y otros materiales orgánicos se Trituran, adicionando agua del grifo y la mezcla resultante se evacúa al sistema de alcantarillado.

1.4.2. Uso de trituradores de desechos de comida

Los residuos de las casas y comercios, que incluyen restos de comida y desperdicios de cocina, corresponden a la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos, cuyo manejo es difícil debido a su alto contenido de humedad y velocidad de putrefacción. Su disposición en vertederos da lugar a la formación de lixiviados que pueden causar impactos ambientales severos como la contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales (ríos).

La mayoría de los desperdicios de comida pueden desecharse por el triturador: huesos y restos de pescado y aves, carne y huesos de res, vegetales,

¹³ LASTRA BRAVO, Tania Elizabeth. *Caracterización experimental de la fracción orgánica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. p. 13.

frutas, cáscaras de huevo y mucho más. Se debe evitar alimentos con hebras o fibrosos y conchas de mariscos.

Los trituradores de desperdicios de comida están diseñados solo para esto y no se deben utilizar para eliminar materiales de envoltorio. Representan una alternativa fácil para manejar los residuos de alimentos en su origen, pero existen varios aspectos que se deben tomar en cuenta al momento de su instalación, tales como el impacto dentro de la industria del agua, en términos de alteración de las características del agua residual y en los procesos de depuración de aguas residuales, consecuencias en el sistema de alcantarillado e incrementos en el consumo de agua y energía dentro de los hogares.

1.4.3. Funcionamiento de un triturador de residuos de comida

Durante el funcionamiento de un TDC los residuos de comida son empujados a una cámara de trituración, caen sobre un disco rotatorio que gira rápidamente y por acción de la fuerza centrífuga son arrojados en contra de una serie de dientes de corte dispuestos alrededor del perímetro de un anillo de trituración.

Las partículas trituradas pasan a través de los dientes del anillo de trituración a una cámara ubicada en la parte inferior, en donde son enjuagados por el agua fría del grifo, requerida durante el funcionamiento del dispositivo.

El enjuague es importante para prevenir la acumulación de residuos en la cámara baja, así como, en secciones de menor diámetro de las tuberías de drenaje. En segundos, los residuos de comida son triturados y conducidos hacia la cámara séptica o sistema de alcantarillado.

Figura 2. Triturador de residuos de comida



Fuente: Bricolaje. *Triturador de residuos orgánicos*. Consulta: 12 de noviembre de 2020.
https://bricolaje.facilísimo.com/el-triturador-de-desperdicios-organicos_183522.html.

1.4.4. Instalación y operación de un TDC

Se instala debajo del fregadero de la cocina y se conecta al drenaje. Se necesita una brida que reemplaza su desagüe normal; la comida sólida se tritura en partículas pequeñas mediante un anillo triturador interno; los desperdicios se licúan y luego se expulsan del triturador, para que circulen de forma segura por el sistema de drenaje al tanque séptico. Los trituradores están diseñados para procesar la mayoría de los desperdicios de comida como: huesos, carne, pescado, cáscaras de frutas, verduras y huevo, nueces, entre otros.

Con un triturador en la cocina se puede verter de manera directa casi cualquier tipo de desperdicios de comida en el drenaje, donde se trituran con rapidez en partículas diminutas y se expulsan con facilidad por la tubería de aguas residuales; con esto se evita que se propicie la generación de olores, bacterias e insectos.

1.5. Beneficios de un triturador

Se mejora la higiene en las cocinas con una zona más limpia para la preparación de alimentos. Se elimina el desorden de desperdicios de comida y los olores que emanan de la basura, menos cestos (botes) y bolsas de basura que saturan la cocina. No se atraen insectos y no hay bolsas de basura que gotean y ensucian el piso y los corredores de la cocina. También se ayuda al medio ambiente al reducir la cantidad de desperdicios que van a los rellenos sanitarios (basureros).

1.5.1. Los trituradores de residuos de comida y la industria del agua

Los TDC constituyen una alternativa de tratamiento con altas posibilidades de desarrollo a expensas de una legislación cada vez más restrictiva respecto de la disposición de residuos urbanos y las necesidades crecientes en materia de depuración y reutilización de las aguas residuales.

Ofrece una solución integrada que puede entregar sinergias beneficiosas a la industria del agua y a los responsables de la gestión de residuos sólidos urbanos, con el uso compartido de instalaciones de tratamiento ya existentes y con la reducción de los costos de inversión y explotación, reducción de los costos de recogida, transporte y tratamiento de los residuos sólidos urbanos,

reducción de la producción de lixiviados y la valorización de estos residuos como fuente de energía y nutrientes. La disposición de residuos domésticos en vertederos da lugar a la formación de lixiviados que pueden causar impactos ambientales severos como la contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales y la emisión de gases de efecto invernadero.¹⁴

1.6. Impacto de los trituradores de residuos de comida

Los TDC aparecen como una alternativa fácil y confiable para manejar los residuos de los alimentos en su origen, pero existen varios aspectos que se deben tomar en cuenta al momento de su instalación, tales como, el impacto dentro de la industria del agua en términos de la alteración de las características del agua residual y en los procesos de depuración de aguas residuales, consecuencias en el sistema de alcantarillado en incrementos en el consumo de agua y energía dentro de los hogares.

Un mayor o menor impacto queda determinado por el factor de penetración en el mercado, la frecuencia de uso y el volumen de residuos eliminados a través de los TDC; la dieta local y el tipo de residuos que son aceptados por el dispositivo pueden afectar significativamente a los dos últimos aspectos mencionados.

1.6.1. Impacto sobre el sistema de alcantarillado

Dos problemas más frecuentes en la red de alcantarillado son las obstrucciones y la pérdida de capacidad de las tuberías, por vertidos de grasas y aceites. Investigaciones llevadas a cabo para determinar el

¹⁴ LASTRA BRAVO, Tania Elizabeth. *Caracterización experimental de la fracción orgánica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. p. 2.

nivel de responsabilidad en el uso de TDC han mostrado que no se han registrado aumentos en el contenido de grasas y aceites en las aguas residuales y problemas de sedimentación¹⁵.

1.6.2. Impacto sobre el agua residual y los procesos de tratamiento de agua

El impacto de los TDC sobre el agua residual y los sistemas de tratamiento se presentan como el exceso de cargas contaminantes y pueden ejercer una enorme influencia en los rendimientos de los distintos procesos.

La mezcla de los distintos componentes de las aguas residuales urbanas, dan como resultado aguas de baja carga orgánica y de compleja composición. La concentración orgánica depende de varios factores fundamentales dentro de los cuales se pueden mencionar, el consumo *per cápita* de agua potable, los hábitos de la población y si la red de saneamiento tiene separación de pluviales o no.¹⁶

Los sólidos totales del agua residual provienen del agua de abastecimiento y de sus usos domésticos, comercial en industrial, así como de la infiltración de agua subterránea y de fuentes no localizadas. Los sólidos del agua residual doméstica incluyen los procedentes de lavabos, retretes, baños, lavanderías, trituradores de basura y ablandadores de agua.

¹⁵ LASTRA BRAVO, Tania Elizabeth. *Caracterización experimental de la fracción orgánica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. p. 63.

¹⁶ *Ibíd.*

A partir de un análisis de los datos de composición de las aguas residuales procedentes de numerosos municipios, ha sido posible obtener unos factores de aportación unitaria para los principales contaminantes presentes en el agua residual. (Ver tabla VII).

Para los valores típicos de la tabla VII, las trituradoras de basura inducen a un incremento en la contribución de DBO₅, del orden del 25 % y en los SS del 33 %; por lo tanto, si su implantación en una comunidad se lleva a cabo en forma generalizada, las trituradoras de basura pueden tener un efecto importante sobre la fuerza de un agua residual. Ello conduce a un aumento del tamaño de las unidades de proceso de sólidos y de las de tratamiento biológico.

A partir de un análisis de los datos de composición de las aguas residuales procedentes de numerosos municipios, ha sido posible obtener factores de aportación unitaria para los principales contaminantes presentes en las aguas residuales. El empleo de trituradores de basura puede tener gran influencia sobre las características del agua residual.¹⁷

Tabla VII. **Factores de aportación *per cápita* a la contaminación**

Constituyente	Valor g/hab*día	
	Intervalo	Valor típico
Agua residual doméstica normal, sin la contribución de los residuos originados en la cocina. DBO ₅	65-120	90 (236,84 mg/l)
SS	65-125	100 (263,15 mg/l)
Nutrientes ^a		
Nitrógeno amoniacal	2-4	3.5
Nitrógeno orgánico	6.5-13	10

¹⁷ METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 134.

Continuación de la tabla VII.

Nitrógeno kjeldahl total	10-15	13,5
Fósforo orgánico	1-2	1,5
Fósforo inorgánico	2-3.5	3,0
Fósforo total	3.5-5.5	4,0
Agua residual normal con la contribución de los residuos originados en la cocina ^b		
DBO ₅	90-130	110 (289,47 mg/l)
SS	100-165	130 (342,10 mg/l)

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. p.190.

Los valores de los nutrientes son aproximadamente los mismos que para el caso en que no interviene la contribución de los residuos originados en la cocina.

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la presente investigación se consideró en la fase inicial, la aplicación del método científico, para poder examinar con base en la observación y toma de datos, cuál es el comportamiento de los desechos de los alimentos, después de ser triturados y mezclados con agua, en relación con la demanda bioquímica de oxígeno y de sólidos suspendidos, lo que permitió establecer una hipótesis que se basa en el supuesto que sí existe una diferencia porcentual en la descargas de aguas residuales usando trituradores de cocina.

Habiéndose establecido la hipótesis y por la naturaleza del trabajo a realizar, se estableció que la investigación es de tipo cuantitativa, la cual es la más conveniente a utilizar, porque es la mejor forma de recopilar y analizar los datos obtenidos de diferentes fuentes. La investigación cuantitativa implica y permite el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados; es concluyente en su propósito, ya que cuantifica el objeto de estudio y facilita la explicación de resultados.

Otro componente importante de la investigación fue determinar las características de la cafetería, que se consideró como área bajo estudio y donde se obtuvo la muestra siguiente: un negocio con un horario establecido, donde existieran diferentes tipos menús de comidas, y que fuera de fácil acceso.

Teniendo en cuenta lo anterior se procedió a la recopilación de datos en el área de trabajo como fuente primaria de la investigación; también se obtuvo información secundaria con base en la bibliografía existente; se realizaron análisis de laboratorio y la información recabada se analizó objetivamente, para

lo cual se utilizaron herramientas estadísticas tales como la *t-student* y el programa Megastat, 2013.

2.1. Delimitación del área de muestreo

El área de muestreo tuvo lugar en la cafetería Nissi, ubicada en el primer nivel del edificio T2 que corresponde a la Facultad de Arquitectura, siendo sus coordenadas $14^{\circ}35'17.34''$ N y longitud $90^{\circ}33'10.98''$ O dentro del campus de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La ciudad universitaria se ubica en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, siendo su dirección de correo Guatemala 01012 y de contacto el número telefónico 2418-9000.

Figura 3. Ubicación del punto de muestreo



Fuente: Google Earth. *Facultad de Arquitectura, USAC*. Consultado el 12 de mayo de 2020. Recuperado de <https://www.google.com/maps/search/usac+zona+12+arquitectura+google+earth/@14.5877886,-90.5552418,17z/data=!3m1!4b1?hl=es-419>.

2.1.1. Información general de la cafetería

La cafetería tiene un horario de atención al público de lunes a viernes, de 7:00 a.m. a 7:00 p.m., y sábado de 7:00 a.m. a 2:00 p.m., y las horas de trabajo se extienden a 30 minutos antes y después del horario de servicio.

Cuenta con 27 mesas con 4 asientos cada una, con una capacidad total de 108 personas sentadas a la vez; trabaja un total de 6 empleados, entre el gerente, cocineros, camareros y misceláneos.

Los misceláneos son los que se dedican a más de una actividad. Los alimentos que se preparan diariamente cubren 2 tiempos de comida: el desayuno y el almuerzo, dentro de la jornada de la mañana; por la tarde se preparan refacciones. Los alimentos que se ofrecen incluyen: postres, panes, hamburguesas, tacos, poporopos, y se sirve un promedio total de 200 platos calientes al día.

La cafetería cuenta con un fregadero que tiene dos grifos y una pila con otros dos grifos; además, tiene una línea de abastecimiento adicional con un filtro para la preparación de bebidas y lavado de verduras.

No se cuenta con inodoro privado para los comensales ni para los trabajadores, por lo que no se producen aguas negras; se estima un gasto promedio de 2 m³/seg.-diario, estimándose un caudal de 2 277,50 litros/día.

Es en esta cafetería donde se generó la información primaria para realizar los análisis de DBO₅, SS y DQO.

2.2. Procedimiento

Se inició el estudio colocando un triturador de desperdicios en el sistema, debajo del fregadero de la cocina, marca Waste King, manufacturado en los Estados Unidos de América; el mismo cuenta con 5 años de garantía, una capacidad de ½ HP, con las siguientes características:

- Cámara de trituración y caja de drenaje a prueba de corrosión.
- Protección contra salpicaduras.
- Funcionamiento silencioso.
- Seguro para tanques sépticos del tamaño correcto.
- Motores de alta velocidad (son motores avanzados de imanes permanentes que producen más energía por libra que otros trituradores).
- Usan corriente eléctrica de 110-120 voltios/60 Hz solamente.

2.2.1. Desarrollo del proceso

Se procedió a la instalación del triturador en el fregadero de la cafetería, con la ayuda de un experto en su colocación.

Figura 4. Colocación de TDC



Fuente: elaboración propia, fotografía obtenida de las instalaciones de cafetería Nissi, Facultad de Arquitectura, USAC.

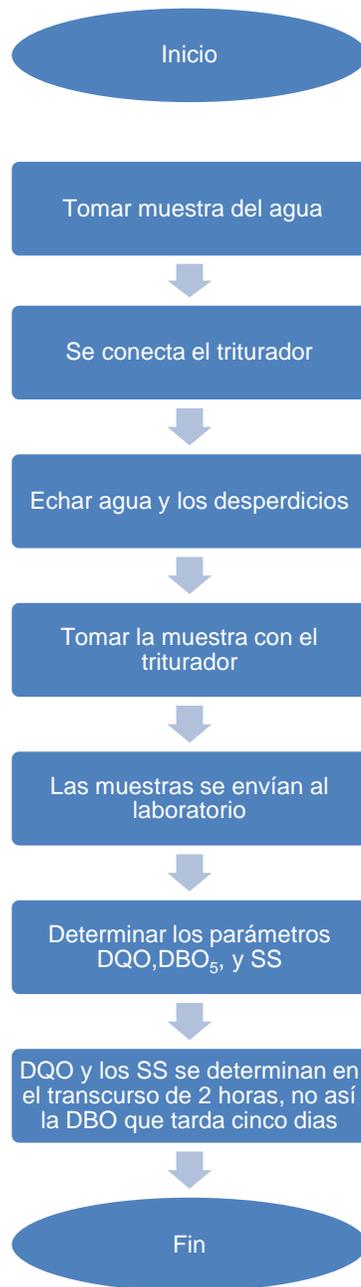
Se continuó con la toma de muestras, en un horario de las 14:45 hrs de lunes a viernes. Se escogió esa hora debido a que en ese momento se han recopilado todos los desperdicios provenientes del almuerzo y se están lavando los trastos que se ensuciaron; es la hora de mayor uso del triturador.

La manera en que se desarrolló el estudio fue la siguiente:

- Se tomó la muestra del agua sin triturador, según el método estándar.
- Se conectó el triturador.
- Se procedió a echar agua y simultáneamente los desperdicios correspondientes al almuerzo del día, tales como huesos, verduras, frutas, tortillas, entre otros.

- Para tomar la muestra con el triturador se esperó que el caudal llegara a la descarga, ya que puede diferenciarse bien cuando se usa este aparato, por la turbiedad y el color que presenta el agua; todo esto en frascos de 1 galón.
- Tomadas las muestras se procedió inmediatamente a llevarlas al laboratorio.
- En el laboratorio se procedió a determinar los parámetros DQO, DBO₅, y SS utilizando los procedimientos del laboratorio estandarizados para el efecto.
- La DQO y los ss se determinan en el transcurso de 2 hrs, no así la DBO que tarda cinco días.

Figura 5. Diagrama de flujo de proceso



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Equipo de análisis de muestras**



Fuente: elaboración propia, fotografía obtenida del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

La recolección de las muestras para el estudio comparativo se realizó en la cafetería Nissi de la Facultad de Arquitectura, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 7. **Residuos sólidos**



Fuente: elaboración propia, fotografía obtenida de Cafetería Nissi, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.3. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue el probabilístico, porque cada una de las muestras obtenidas forma parte de un subgrupo del total de la población, donde todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser considerados para el presente estudio.

Se tomaron muestras simples que consistieron en un litro de aguas residuales a las 14:45 horas, de lunes a viernes; se escogió esa hora debido a que en ese momento ya se han recopilado todos los desperdicios provenientes del almuerzo, siendo la hora de mayor uso del triturador; se tomaron 8 muestras con triturador y el mismo número sin triturador, ya que los menús tienen poca variación en sus contenidos e ingredientes alimenticios durante el año.

2.3.1. Análisis estadístico para determinar el número de muestras

Con el propósito de calcular el número de muestras por el método 1060B, se utilizaron las curvas de niveles de confianza (ver gráfica 2), las cuales se basan en métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual, según la siguiente fórmula:

$$N \geq \left(\frac{t \cdot s}{U} \right)^2$$

Donde:

N = número de muestras

t = es la t de *student* para un nivel de confianza determinado que puede variar entre un rango de 0,001 a 0,05.

S = desviación estándar global

U = nivel de confianza aceptable

El nivel de confianza varía entre el 90 y 99 % de acuerdo con el gráfico que establece la comparación s/U. Este método relaciona la desviación estándar con los niveles de confianza e incerteza a los que se desee manejar el parámetro. De los resultados experimentales se tiene que:

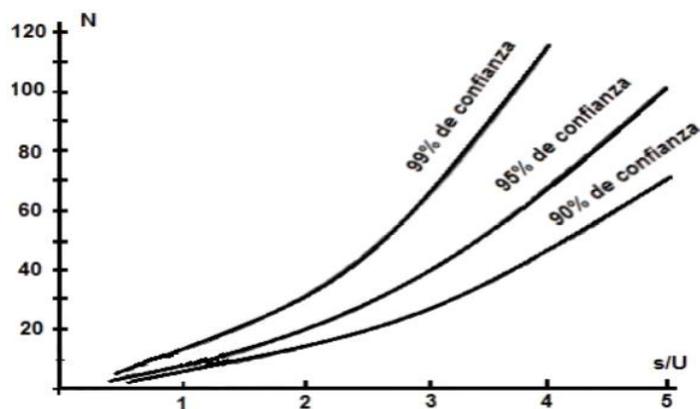
$$S = 0,020$$

$$U = 0,020$$

Entonces, $s/U = 1$

Con dicho resultado se procede, en la gráfica 2, a interpolar en la curva respectiva para un nivel de confianza del 95 %, y se obtiene que el número de muestras por tomar debe ser mayor o igual a 7. Finalmente, a partir del valor calculado, para fines del presente estudio, el número de muestras será de 8.

Figura 8. **Curvas de niveles de confianza**

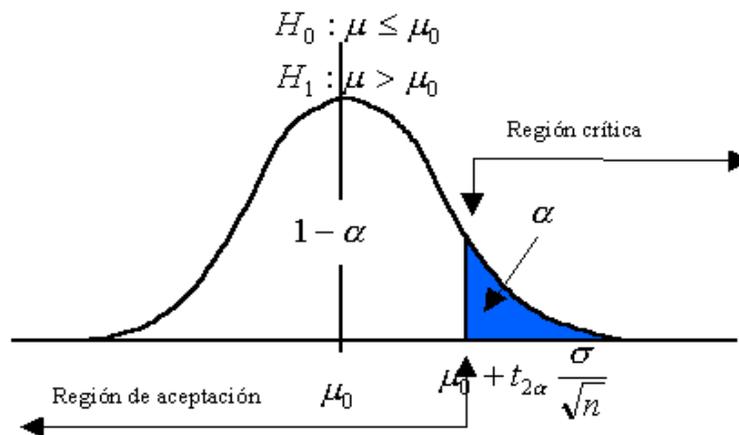


Fuente: elaboración propia

2.3.2. Prueba de hipótesis

Se utilizó estadística descriptiva para determinar el efecto de ciertas variables independientes, con un modelo de análisis de prueba de hipótesis y la distribución t de *student* unilateral derecha.

Figura 9. Diagrama para análisis distribución t de *student*



Fuente: TORTOSA MUÑOZ, Germán. *Manual práctico de Quimiometría*. p. 22.

Se trabajó a un nivel de significancia o α de un 5 %, para cada variable medida, que en este caso son DBO_5 y ss ; para el presente estudio se utilizó una prueba t de dos poblaciones, donde la μ = a la media de la variable a analizar sin utilización del triturador de desechos de comida, μ_0 = a la media de la variable a analizar con utilización del triturador de desechos de comida, y las varianzas (desviaciones *standard*) se consideran iguales, ya que no existe mayor cambio en la naturaleza de la variable a muestrear. Ambas son desconocidas.

En esta prueba t se debe calcular el número de grados de libertad, el cual para el presente análisis se basa en 8 muestras. Como el cálculo de grados de

libertad se realiza de la siguiente forma $GL = n + n - 2$; se toma como dato, n del tratamiento sin TDC, y el n del tratamiento con TDC; como en ambos casos se tomaron 8 muestras, da un total de $16 - 2 = 14$ grados de libertad para poder buscar en la tabla. (Ver anexo).

Para evaluar la hipótesis se ingresó a la tabla de t de *student* con los 14 grados de libertad y $\alpha = 5 \%$; entonces se obtiene un valor $t = 1,7613$. Con esto se establece la hipótesis de la siguiente manera: “Existe diferencia porcentual entre las descargas de aguas residuales, usando trituradores y sin ellos, con respecto a los parámetros analizados, como la DBO5 que aumenta en un 25 % y ss que aumenta en un 33 %, respectivamente”. Entonces se asignó la hipótesis nula, de acuerdo con lo reportado en Megastat 2013.

$H_0: \mu_0 \text{ con triturador} \geq \mu \text{ sin triturador}$. $H_a: \mu_0 \text{ con triturador} \leq \mu \text{ sin triturador}$.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de los parámetros

Los resultados de los muestreos aparecen en forma resumida en la siguiente tabla, presentándose los parámetros DQO, DBO₅, y SS en mg/l; con triturador y sin triturador.

Tabla VIII. Resultado de las muestras

Muestra #	DBO ₅ mg/l		DQO mg/l		SS mg/l	
	Con triturador	Sin triturador	Con triturador	Sin triturador	Con triturador	Sin triturador
1	1 510	1 214	4 370	3 510	980	727
2	1 547	1 257	3 400	2 750	790	577
3	1 140	869	2 700	2 130	564	409
4	1 173	922	2 090	1 520	673	522
5	713	570	2 000	1 510	423	303
6	1 747	1400	2 300	1 780	750	564
7	1 287	1030	2 050	1 580	676	496
8	1 157	923	1 300	1 020	614	463

Fuente: elaboracion propia.

Se referenciaron los caudales medio, máximo y mínimo, encontrando la relación de parámetros de diseño de trampas de grasa vs su eficiencia en aguas residuales comerciales, y se obtuvieron los datos siguientes:

- Caudal medio = 0,046 l/seg
- Caudal máximo = 0,149 l/seg
- Caudal mínimo = 0 l/seg

Contabilizándose en total 2277,50 l/día, aproximadamente 2 m³/día.

3.2. Cálculo de las variables estadísticas

Hipótesis a probar:

Ho: μ con triturador = μ sin triturador

Ha: μ con triturador > μ sin triturador

Para todas las variables se corrió un test para igualdad de varianzas, el cual indicó que entre los tratamientos para las tres variables, no hay diferencia significativa entre las varianzas ($p > 0,05$). Se presentan los promedios y desviación estándar de cada grupo y subrayado el valor de “p” de la prueba de t de *student*:

3.2.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es muy utilizada en las caracterizaciones de las aguas residuales; permite identificar tanto la concentración de las fracciones biodegradables como las no biodegradables de la materia orgánica, incluyendo la de aquellos compuestos inorgánicos que

puedan ser oxidados químicamente. Es empleada como variable de uso muy extendido actualmente para definir el material carbónico, sea biodegradable o no, presente en un agua residual.

Tabla IX. **DQO. Hypothesis test. Independent groups (t-test, pooled variance)**

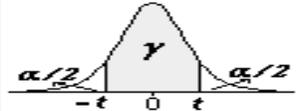
Con triturador	Sin triturador	Aspecto
2 526.25	2 025.00	Mean
959.31	825.85	Std. dev.
8	8	N
	14	Df
		Difference (con triturador - sin triturador)
	501.250	
	801 156.250	Pooled variance
	895.073	Pooled std. dev.
	447.537	Standard error of difference
	0	Hypothesized difference
	1.12	T
	0.1408	p-value (one-tailed, upper)

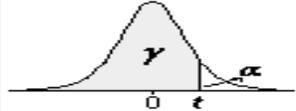
Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Figura 10. **Introducción de datos de variables de DQO**

Grados de libertad

Seleccione:

2 colas 

1 cola 

$t =$

Nivel de confianza

γ :

99% $\alpha =$

95%

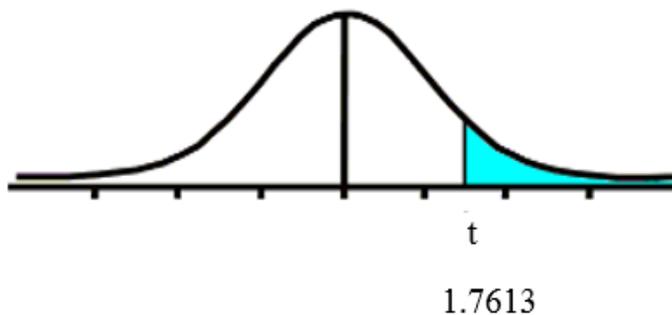
90%

Otro $\gamma =$

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Como el valor t es de 1.12 y es menor que 1.7613, se acepta la hipótesis nula, por lo cual se concluye que: no hay diferencia significativa entre los tratamientos (con y sin triturador) para la demanda química de oxígeno DQO.

Figura 11. **Análisis de hipótesis de DQO**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

3.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

A través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se puede conocer la cantidad de materia orgánica que los microorganismos son capaces de degradar en un tratamiento biológico. Es una variable muy empleada en la caracterización de las aguas residuales.

Hipótesis por probar:

Ho μ con triturador = μ sin triturador

Ha: μ con triturador > μ sin triturador

Tabla X. ***Hypothesis test. Independent groups (t-test, pooled variance)***

		Aspecto
Con triturador	Sin triturador	
1 284.25	1 032.00	Mean
318.44	257.76	Std. dev.
8	8	N
	14	Df
	252.250	Difference (con triturador - sin triturador)
	83 922.536	Pooled variance
	289.694	Pooled std. dev.
	144.847	Standard error of difference
	1.10	Hypothesized difference
	1.74	T
	0.0518	P-value (one –tailed, upper)

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Figura 12. Introducción de datos de DBO₅

Grados de libertad

Seleccione:

2 colas

1 cola

Nivel de confianza

γ :

99%

95%

90%

Otro $\gamma =$

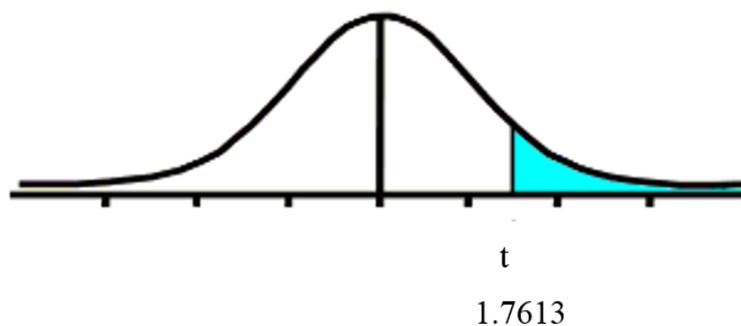
$\alpha =$

$t =$

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Como el valor t es de 1.72 y es menor que 1.7613, se acepta la hipótesis nula; por lo cual se concluye: No hay diferencia significativa entre los tratamientos (con y sin triturador) para la demanda bioquímica de oxígeno DBO₅.

Figura 13. Análisis de hipótesis de DBO₅



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

3.2.3. Sólidos suspendidos (SS)

Hipótesis por probar:

Ho μ con triturador = μ sin triturador

Ha: μ con triturador > μ sin triturador

Tabla XI. *Hypothesis test. Independent groups (test, pooled variance)*

Con triturador	Sin triturador	Aspecto
664.88	532.00	Mean
181.98	119.93	Std. dev.
8	8	N
	14	Df
		<i>Difference (con triturador - sin triturador)</i>
	132.875	
	23 750.348	<i>Pooledvariance</i>
	154.111	Pooled std. dev.
	77.056	<i>Standard error of difference</i>
	1.20	<i>Hypothesized difference</i>
	1.72	T
	0.0533	<i>P-value (one –tailed, upper)</i>

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Figura 14. Introducción de datos de sólidos suspendidos

Grados de libertad: 14

Seleccione:

2 colas

1 cola

Nivel de confianza:

γ :

99%

95%

90%

Otro $\gamma =$ 95

$\alpha =$ 0.050

$t =$ 1.72

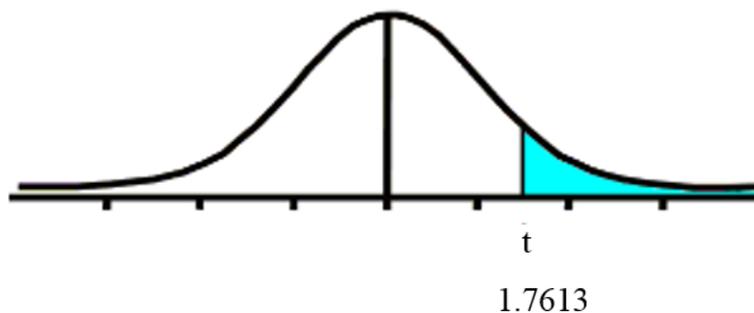
Ejecutar

Salir

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Como el valor t es de 1.72 y es menor que 1.74 se acepta la hipótesis nula; por lo cual se concluye: “No existe una diferencia significativa entre los resultados (con y sin triturador) para los sólidos en suspensión SS”.

Figura 15. Análisis de hipótesis de sólidos suspendidos



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de porcentaje de incremento de cada variable

Se tabularon en porcentajes los valores de las muestras analizadas y se observa cómo van variando los incrementos de DBO₅, DQO y SS, aplicando la siguiente fórmula:

$$\% I = \frac{DQO_{CT} - DQO_{ST}}{DQO_{ST}}$$

DQO_{CT}: Demanda Química de Oxígeno con triturador

DQO_{ST}: Demanda Química de Oxígeno sin triturador

% I: porcentaje de incremento de cada variable

Se puede apreciar en la tabla XII cómo la DBO₅ toma un promedio de 26,1% muy cerca del valor de 25 % y los SS un valor promedio de 34,2 % cercano al 33 %, valores propuestos por Metcalf y Eddy¹⁸.

¹⁸ METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 192.

Tabla XII. **Resultados de incrementos porcentuales con triturador**

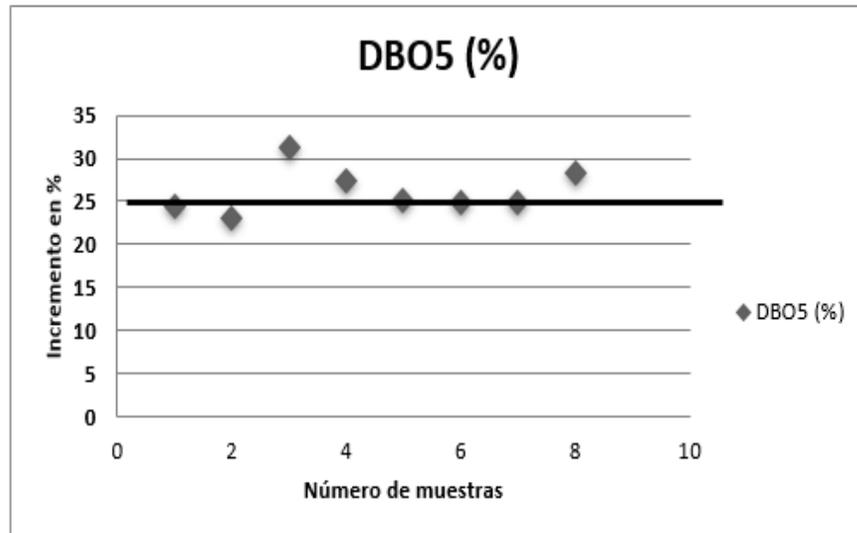
DBO₅ (%)	DQO (%)	SS (%)
24.38	24.52	34.8
23.07	23.64	36.92
31.28	26.71	37.89
27.32	37.5	28.92
25.08	32.45	33.0
24.79	29.21	32.98
24.95	29.74	36.29
28.35	27.45	32.61
Promedio: 26.1	Promedio: 28.9	Promedio: 34.2

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en las figuras 16 y 17, que la línea central es el valor que se tiene en Metcalf y Eddy¹⁹, del 25 % y 33 % del DBO₅ y SS, respectivamente, y que los puntos obtenidos del resultado del muestreo no tienen mucha variación respecto de esos porcentajes.

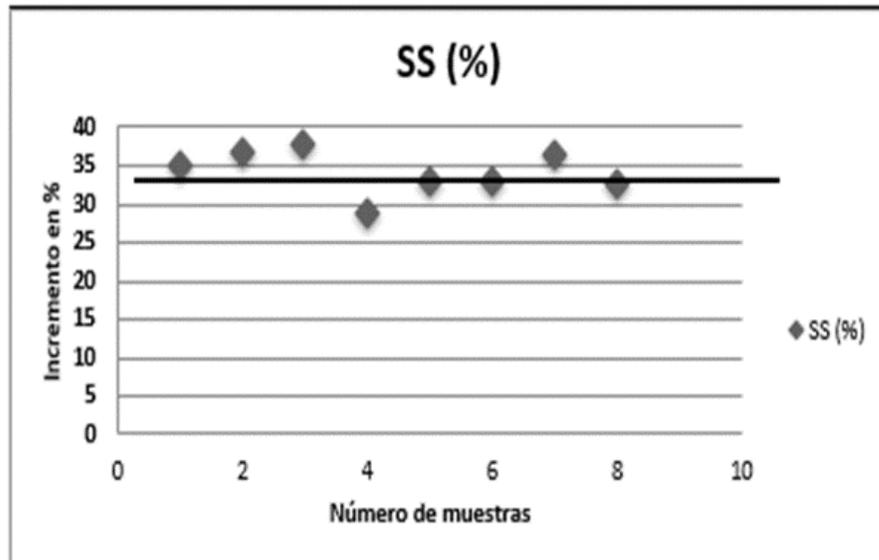
¹⁹ METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. p. 192.

Figura 16. **Muestras de DBO₅**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Muestras de sólidos suspendidos**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Cálculo de relación de biodegradabilidad

Analizando las aguas que salen de la cafetería, en los dos casos su promedio oscila alrededor de 0.55; lo cual las hace muy biodegradables. Por lo que DBO_5/DQO es una relación de la biodegradabilidad que tiene el agua residual, que permite determinar si es tratable o no, por medios convencionales o si necesita agregarle algunos químicos. Esta relación se determinó usando los criterios recomendados por Hernández Lehmann & Galán Martínez (2004), de la manera siguiente:

- $DBO_5/DQO < 2.50$ aguas muy biodegradables
- $DBO_5/DQO 2.50 - 5.0$ aguas biodegradables
- $DBO_5/DQO > 0.2$ no biodegradables

Tabla XIII. **Biodegradabilidad**

Condiciones	DBO_5 mg/l	DQO mg/l	DBO_5/DQO	DBO_5/DQO (sin TDC)	DBO_5/DQO (con TDC)
Sin triturador de comida	1 214	3 510	0.35	0.35	
Con triturador de comida	1 510	4 370	0.35		0.35
Sin triturador de comida	1 257	2 750	0.46	0.46	
Con triturador de comida	1 547	3 400	0.46		0.46
Sin triturador de comida	869	2 130	0.41	0.41	
Con triturador de comida	1 140	2 700	0.42		0.42

Continuación de la tabla XIII.

Sin triturador de comida	922	1 520	0.61	0.61	
Con triturador de comida	1 173	2 090	0.56		0.56
Sin triturador de comida	570	1 510	0.38	0.38	
Con triturador de comida	713	2 000	0.36		0.36
Sin triturador de comida	1 400	1 780	0.79	0.79	
Con triturador de comida	1 747	2 300	0.76		0.76
Sin triturador de comida	1 030	1 580	0.65	0.65	
Con triturador de comida	1 287	2 050	0.63		0.63
Sin triturador de comida	923	1 020	0.90	0.90	
Con triturador de comida	1 157	1 157	0.89		0.89
		Promedio	0.56	0.57	0.55

Fuente: elaboración propia.

Según los datos incluidos en la tabla XIII, que se refieren a la biodegradabilidad, el agua residual, con triturador o sin triturador es muy biodegradable.

4.2.1. Análisis de las covariables

De acuerdo con el análisis realizado de las covariables, se puede indicar que no existen cambios significativos en el tipo de desechos, volúmenes, tiempos y periodicidad en relación con el trabajo realizado en la cafetería, debido a que los menús siempre son los mismos, el número de comensales se mantiene en un promedio de 200 diarios, el horario es de 8 am a 19 horas, y el mayor volumen de alimentos corresponde al almuerzo; el resto se consideran refacciones. El caudal es el mayor, y de acuerdo con lo presentado en las gráficas anteriores, puede afirmarse que los porcentajes se aproximan a 25 % y 33 % de incremento para la DBO₅ y SS, respectivamente.

CONCLUSIONES

1. Para el agua residual con uso de trituradores, hubo un incremento en la DBO₅ de 26.1 % y de SS de 34.2 %; por lo que no hay una diferencia significativa a los valores propuestos en la hipótesis de esta investigación.
2. Los resultados reportan una aproximación comparada con los resultados expresados por Metcalf y Eddy de alrededor de 25 % para DBO₅ y en torno al 33 % para SS; por lo que se concluye que estos resultados pueden utilizarse para el diseño de plantas de tratamiento, en el que el agua residual contenga trituradores.
3. La relación DBO₅/DQO da un promedio de 0.56; el DBO₅/DQO sin triturador de alimentos reporta un promedio de 0.57; con triturador de alimentos el promedio es de 0.55, lo que indica que el agua residual comercial de la cafetería Nissi, usando trituradores de cocina, es muy biodegradable.
4. La corriente de salida de los trituradores contiene partículas gruesas que corresponden principalmente a residuos crudos y fibrosos, cartílagos y piel de frutas y verduras, por lo que es totalmente orgánico.
5. El impacto de los trituradores sobre el agua residual urbana y los procesos de tratamiento de agua, incrementa la DBO₅ y SS, pero reduce los residuos sólidos desde la fuente, disminuyendo así la disposición final de estos.

6. Las aguas residuales de la cafetería Nissi poseen un alto contenido de materia orgánica, así como de sólidos suspendidos, ya que son aguas grises; por lo que se afirma que pueden adoptarse los parámetros utilizados para diseños de plantas que contengan este tipo de descargas.

RECOMENDACIONES

1. En el diseño de las unidades de tratamiento se debe considerar que cuando el agua residual provenga de cocinas con trituradores, los valores de 25 % en la DBO₅, y el 33 % para los sólidos suspendidos, se incrementan con respecto al agua residual sin ellos.
2. Evaluar el cambio de la relación de biodegradabilidad del agua residual en cafeterías, cuando confluyen las aguas grises, negras y de cocina, con trituradores.
3. Se debe evaluar el uso de sólidos suspendidos en cafeterías, como materia prima para producir abono orgánico.
4. Elaborar un diagnóstico en los diferentes establecimientos de comida del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para caracterizar los sólidos suspendidos y DBO₅.
5. El estudio se puede incorporar a una norma de diseño de plantas de tratamiento, ya que esto es un buen parámetro cuando se usan trituradores de cocina.
6. Estudiar un pre tratamiento para las aguas grises con trituradores de cocina en cafeterías, antes de descargar a la red general.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alianza por el Agua. *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Guatemala: [en línea]. <[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/28632CE6BFC3905505257DC6007FA19C/\\$FILE/1_pdfsam_MONOGRAFICO3.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/28632CE6BFC3905505257DC6007FA19C/$FILE/1_pdfsam_MONOGRAFICO3.pdf)>. [Consulta: mayo de 2020].
2. ALLEN, Laura. *Manual de diseño para manejo de aguas grises*. Greywater Action. [en línea]. <<https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>>. [Consulta: septiembre de 2020].
3. CHINCHILLA PANIAGUA, Martín. “Relación de sólidos sedimentados con la eficiencia de las trampas de grasa (desengrasadores)”. Revista científica *Agua, Saneamiento y Ambiente*. 2008. [en línea]. <<http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/rcasa/article/view/1000>>. [Consulta: mayo de 2020].
4. GALINDO VALERIANO, Carlos René. *Estudio, caracterización y tratamiento de lodos provenientes de fosas sépticas*. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 2010. 114 p.
5. GARZA ALMANZA, Victoriano. *Estudio general del caso Valle de Juárez, México*. Proyecto regional sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial

convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS 2000 – 2002. [en línea]. <<http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/HASH0174459d914a5744fa10399/ag0127.pdf?sequence=3>>. [Consulta: septiembre de 2020].

6. GTZ/CEPIS. *Manual de disposición de aguas residuales: origen, descargas, tratamiento y análisis de las aguas residuales*. Tomo 1. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 1991. 1058 p.
7. LASTRA BRAVO, Tania Elizabeth. *Caracterización experimental de la fracción orgánica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. Barcelona, España, 2013. [en línea]. <<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/44965/TFM%20-%20Tania%20Elizabeth%20Lastra%20Bravo.pdf?sequence=1>>. [Consulta: mayo de 2020].
8. METCALF y EDDY. *Ingeniería de aguas residuales*. Vol. 2. 2a ed. España: McGraw-Hill, 1996. 752 p.
9. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Acuerdo Gubernativo 236-2006. Guatemala: MARN, 2006. [en línea]. <http://www.infom.gob.gt/archivos/Docs-Pdf/Anexo-Legal/ANEXO_1_Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf>. [Consulta: mayo de 2020].
10. OAKLEY, Stewart; SALGUERO, Louis. *Tratamiento de aguas residuales domésticas en Centroamérica*. [en línea]. <<http://www.da.go.cr/wp>>

content/uploads/2017/01/Manual-Tratamiento-Aguas-Residuales-en-CA.Final_.06.06.11.pdf>. [Consulta: mayo de 2020].

11. PERALTA DELGADO, Ivis Nohelia; PÉREZ FLORES, Wilber Javier. *Uso del suelo como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas*. Guatemala, USAC. [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0479_MT.pdf>. [Consulta: julio de 2020].
12. ROBLES SOLANO, Daniela. *Evaluación del sistema actual de tratamiento de aguas residuales para una planta productora de alimentos enlatados y colados*. Universidad Nacional de Costa Rica. [en línea]. <<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3502/1/36201.pdf>>. [Consulta: julio de 2020].
13. ROMERO ROJAS, Jaime A. *Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica; identificación del problema*. Estados Unidos: Universidad de Arizona, 2002. 1250 p.
14. TORTOSA MUÑOZ, Germán. *Manual práctico de Quimiometría*. 2a ed. Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos. Estación Experimental del Zaidín. Andalucía, 2013. 37 p.
15. YÁNEZ, Fabián. *Avances en el tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. [en línea]. Organización Panamericana de la Salud. OPS. <<https://es.scribd.com/doc/311854841/AVANCES-EN-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-POR-LAGUNAS-DE-ESTABILIZACION-Fabián-Yanez-pdf>>. [Consulta: julio de 2020].

16. JAMRAH A.; PRATAPHAR, S. Overcoming constraints in treated gerywater reuse in Oman. Departamento de Ingeniería Civil, y Departamento de Ingeniería de Suelos, Agua y Agricultura. Universidad Sultán Qaboos, Al Khod, Omán. 335 p.
17. HERNANDEZ LEHMANN, A., & GALAN MARTINEZ, P. (2004). Manual de depuración uralita. Madrid. EDICIONES PARANINFO S.A. 322 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Tabla de distribución t

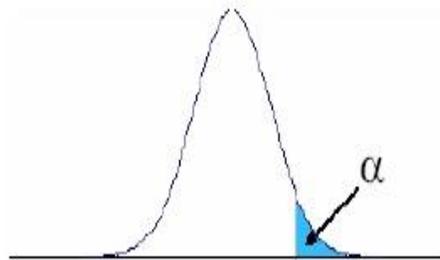
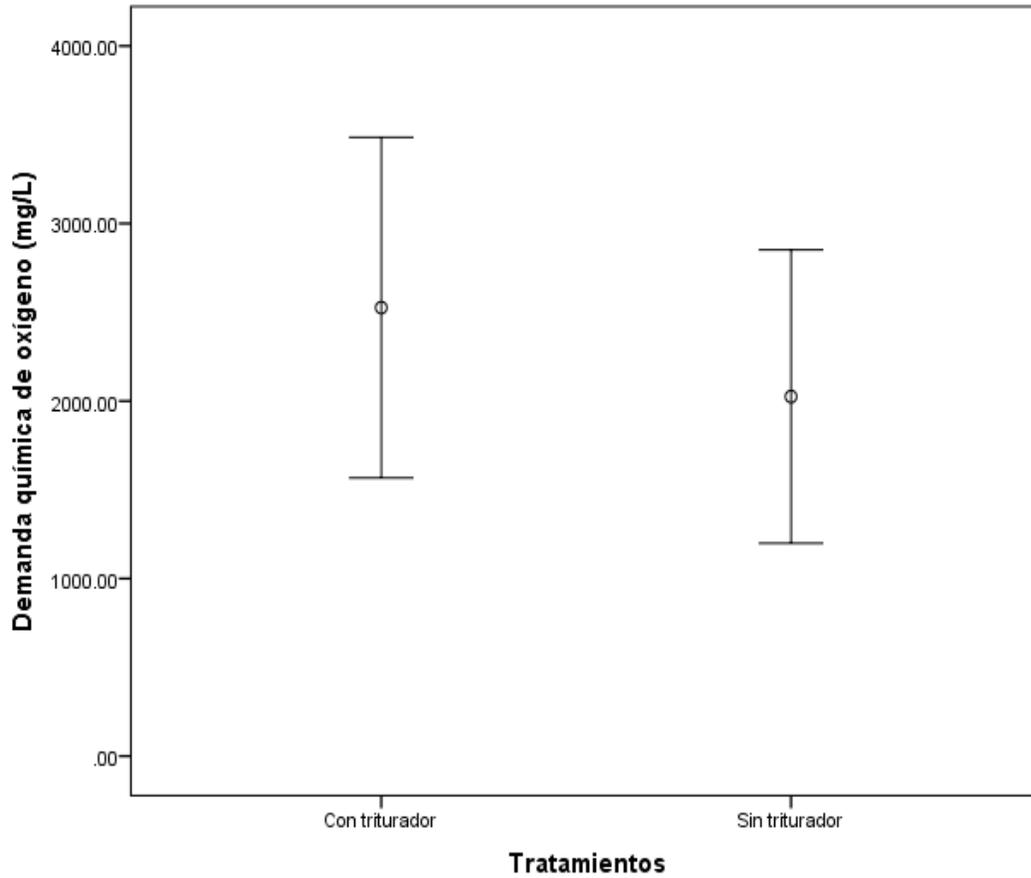


Tabla distribución t. Una cola, probabilidad en α

$n \setminus \alpha$	0,30	0,25	0,20	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005
1	0,7285	1,0000	1,3784	3,0777	6,3137	12,7062	31,8210	63,6556	127,3213	318,3068	636,6182
2	0,8172	0,8165	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,5250	14,0680	22,3271	31,5991
3	0,5844	0,7849	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,9408	7,4533	10,2145	12,9240
4	0,5680	0,7407	0,9410	1,5332	2,1318	2,7705	3,7409	4,0041	4,5870	5,7732	6,0103
5	0,5594	0,7267	0,9195	1,4759	2,0150	2,5708	3,3949	4,0321	4,7733	5,8934	6,8088
6	0,5534	0,7176	0,9057	1,4368	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	4,3168	5,2076	5,9588
7	0,5491	0,7111	0,8980	1,4149	1,8948	2,3648	2,9978	3,4985	4,0293	4,7853	5,4078
8	0,5459	0,7064	0,8939	1,3988	1,8595	2,3060	2,8966	3,3554	3,8325	4,5008	5,0413
9	0,5435	0,7027	0,8894	1,3850	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	3,6997	4,2908	4,7809
10	0,5415	0,6988	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7836	3,1693	3,5814	4,1437	4,5888
11	0,5398	0,6974	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	3,4968	4,0247	4,4370
12	0,5380	0,6955	0,8728	1,3582	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,4284	3,9296	4,3178
13	0,5375	0,6938	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,3725	3,8520	4,2209
14	0,5368	0,6924	0,8681	1,3450	1,7613	2,1443	2,6248	2,9788	3,3257	3,7874	4,1405
15	0,5357	0,6912	0,8662	1,3400	1,7531	2,1315	2,6025	2,9497	3,2860	3,7328	4,0728
16	0,5350	0,6901	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5836	2,9208	3,2520	3,6882	4,0150
17	0,5344	0,6892	0,8633	1,3344	1,7398	2,1098	2,5669	2,8982	3,2224	3,6456	3,9651
18	0,5339	0,6884	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8794	3,1988	3,6105	3,9218
19	0,5333	0,6876	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,1737	3,5794	3,8834
20	0,5329	0,6870	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,1534	3,5516	3,8495
21	0,5325	0,6864	0,8591	1,3232	1,7207	2,0799	2,5178	2,8314	3,1352	3,5272	3,8199
22	0,5321	0,6858	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,1188	3,5050	3,7921
23	0,5317	0,6853	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,1040	3,4850	3,7678
24	0,5314	0,6848	0,8568	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7970	3,0905	3,4688	3,7454
25	0,5312	0,6844	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,0782	3,4502	3,7251
26	0,5309	0,6840	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,0669	3,4350	3,7069
27	0,5308	0,6837	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,0565	3,4210	3,6908
28	0,5304	0,6834	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,0469	3,4082	3,6730
29	0,5302	0,6830	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,0380	3,3982	3,6594
30	0,5300	0,6828	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,0298	3,3852	3,6480
40	0,5298	0,6807	0,8507	1,3031	1,6939	2,0211	2,4293	2,7045	2,9712	3,3089	3,5510
60	0,5285	0,6776	0,8481	1,2922	1,6841	1,9901	2,3739	2,6307	2,9070	3,1863	3,4163
120	0,5259	0,6765	0,8446	1,2898	1,6878	1,9799	2,3578	2,6174	2,8909	3,1565	3,3735
∞	0,5244	0,6745	0,8416	1,2816	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	2,8070	3,0902	3,2905

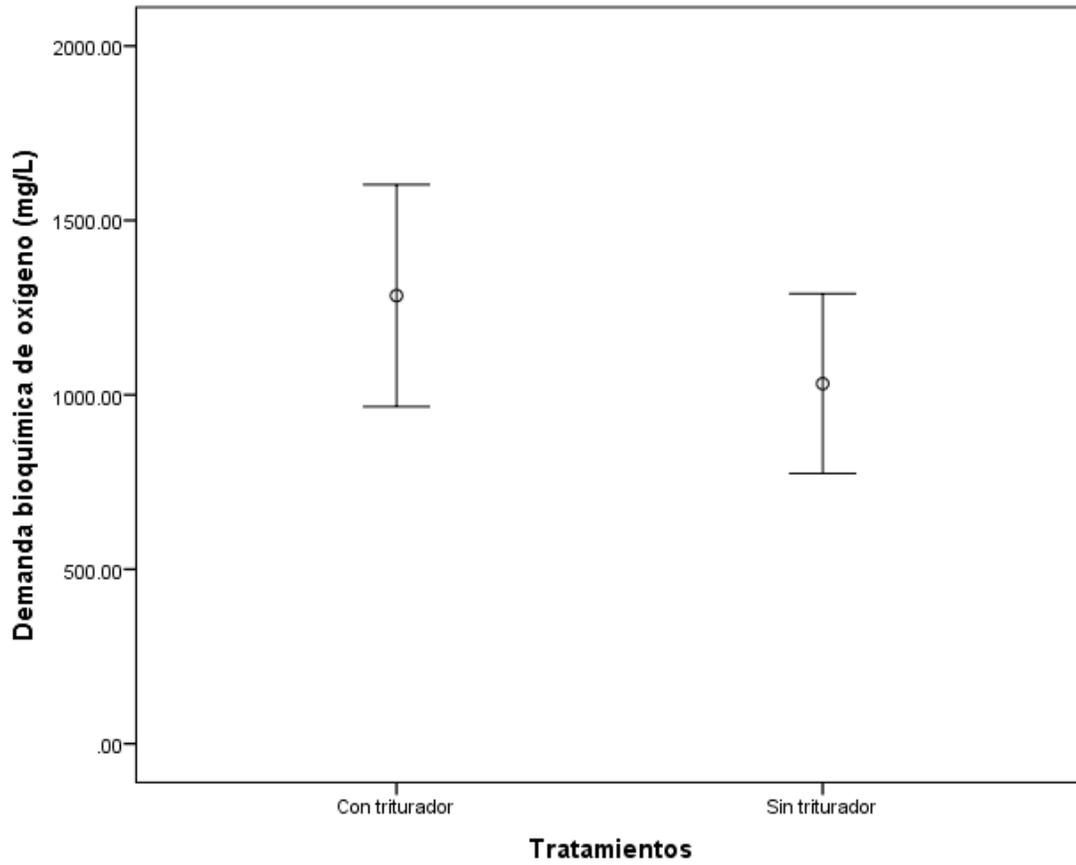
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 2. **Variación de la media con y sin TDC para DQO**



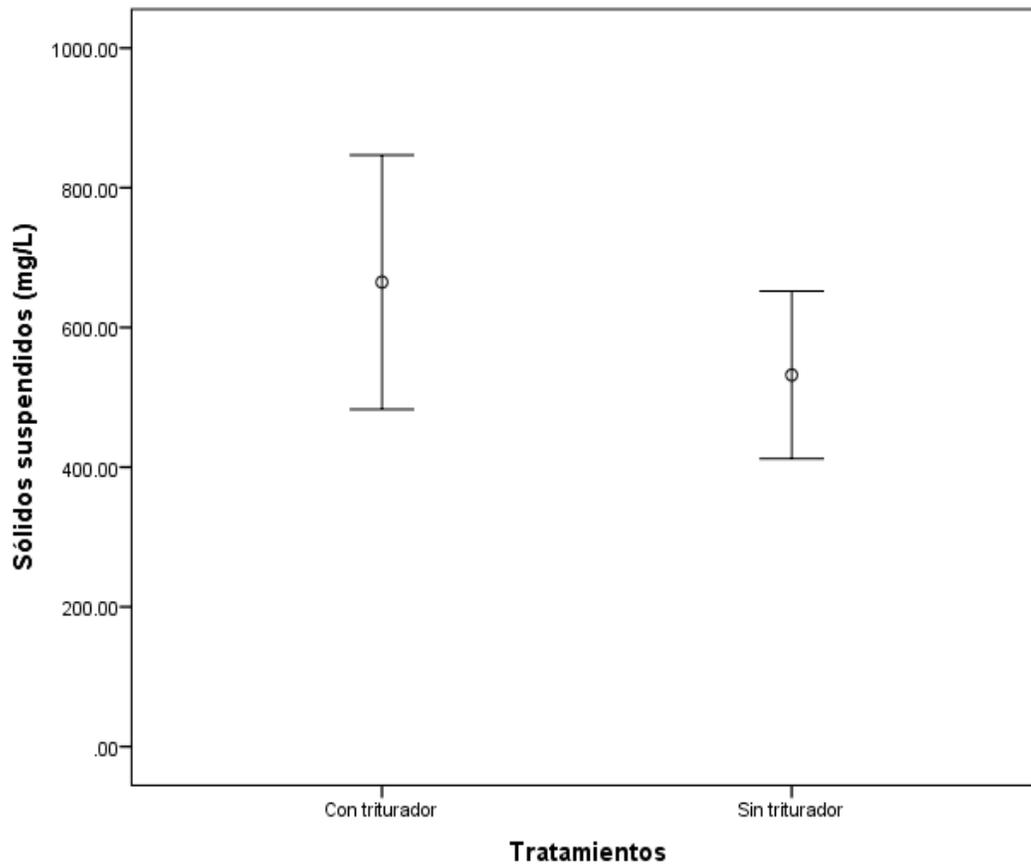
Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Apéndice 3. **Variación de la media con y sin TDC para DBO₅**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Apéndice 4. **Variación de la media con y sin TDC para SS**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Megastat 2013.

Apéndice 5. Toma de muestras: descarga final del drenaje que contiene los desechos del triturador



Fuente: elaboración propia, fotografía obtenida del drenaje de la cafetería Nissi, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 6. Proceso de trabajo del triturador



Fuente: elaboración propia, fotografía obtenida de la cafetería Nissi, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.