



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Reducción de coliformes presentes en aguas residuales domésticas  
mediante micro-nanoburbujas de aire-ozono en el distrito  
de Carhuaz, Ancash 2016”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Rudy Emerson Cruz Pascacio

**ASESOR:**

Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA – PERÚ

2016-II

## **Página del jurado**

---

Dr. Ing. Valverde Flores, Jhonny  
PRESIDENTE

---

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio  
SECRETARIO

---

Dr. Munive Cerron, Ruben  
VOCAL

**Dedicatoria:**

A Dios, por haberme permitido llegar hasta estas instancias de mi formación profesional.

A mis padres; Tito Cruz y Olinda Pascacio, a mi Tía Norma Pascacio, a mis abuelos, a mis tíos, a mi pareja y a sus familiares, ya que me brindaron su apoyo incondicional en esta proceso. Todo esto ha sido posible gracias a ellos.

### **Agradecimiento:**

A Dios por guiarme y darme la oportunidad de continuar con mis estudios y formación profesional.

A la Universidad César Vallejo, y al personal del laboratorio, por brindarnos sus instalaciones para poder investigar durante este proceso y realizar satisfactoriamente la investigación.

A mis padres, familiares, pareja y mis amigos por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Al Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores, por las orientaciones, recomendaciones y apoyo brindado en el desarrollo de mi tesis, hasta la finalización del proyecto. De la misma agradezco a los miembros del grupo de investigación de Nanotecnología, por su apoyo en las pruebas realizadas para el desarrollo de la presente investigación.

Agradecer a todos los docentes de la Universidad por sus enseñanzas, consejos, experiencias y aliento de seguir investigando.

Finalmente a todos, les ofrezco mi más sincero y cordial agradecimiento

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Rudy Emerson Cruz Pascacio, estudiante de la Facultad De Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI: 70749387 y código universitario: 67000083489, con la tesis titulada **“Reducción de coliformes presentes en Aguas Residuales Domésticas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono en el distrito de Carhuaz, Ancash 2016”**.

Declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de diciembre del 2016

.....

Cruz Pascacio Rudy Emerson

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada **“Reducción de coliformes presentes en Aguas Residuales Domésticas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono en el distrito de Carhuaz, Ancash 2016”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El autor:

Rudy Emerson Cruz Pascacio

# ÍNDICE GENERAL

<b>Carátula</b>	i
<b>Página del jurado</b>	ii
<b>Dedicatoria</b>	iii
<b>Agradecimiento</b>	iv
<b>Declaración de autenticidad</b>	v
<b>Presentación</b>	vi
<b>Índice General</b>	vii
<b>Índice de figuras</b>	x
<b>Índice de tablas</b>	xii
<b>Resumen</b>	xiii
<b>Abstract</b>	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Trabajos previos	2
1.3. Teorías relacionadas al tema	4
1.4. Formulación del problema.	15
1.4.1 Problema general	15
1.4.2 Problemas Específicos	15
1.5. Justificación del estudio	15
1.6. Hipótesis	16
1.6.1. Hipótesis General	16
1.6.2. Hipótesis Específica	16
1.7. Objetivos	17
1.7.1. Objetivo General	17
1.7.2. Objetivos Específicos	17
<b>II. MÉTODO</b>	<b>18</b>
2.1. Diseño de investigación	18
2.2 Variables y Operacionalización	18

2.3 Población, muestra y muestreo	20
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	20
2.5 Métodos de análisis de datos	23
2.6 Aspectos éticos	23
<b>III. RESULTADOS</b>	24
3.1 Procedimiento para la obtención de resultado	24
3.1.1 Muestreo de agua residual doméstica	24
3.1.2 Pretratamiento de la muestra Inicial	25
3.1.3 Tratamiento con las micro-nanoburbujas de aire-ozono	28
3.2. Resultado de las características de las micro-nanoburbujas	35
3.3. Respondiendo los Objetivos Específicos	39
3.4. Respondiendo al Objetivo General	47
3.5. Prueba Estadística	48
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	51
<b>V. CONCLUSIÓN</b>	53
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	54
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	56
<b>ANEXOS</b>	62
<b>Anexo 1:</b> Estándares de calidad ambiental para el agua categoría III. Parámetros físicos y biológicos	62
<b>Anexo 2:</b> Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales	63
<b>Anexo 3:</b> Cadena de custodia CC160323, Punto de muestreo-02, aguas Residuales doméstica antes del inicial	64
<b>Anexo 4:</b> Cadena de custodia A2204/16-1	65
<b>Anexo 5:</b> Cadena de custodia A2204/16-2	66
<b>Anexo 6:</b> Resultado de Punto de muestreo- 02 (Agua residual doméstica antes del inicial)	67
<b>Anexo 7:</b> Ficha de control y análisis de la muestra.	68
<b>Anexo 8:</b> Validación de Instrumento 1	69
<b>Anexo 9:</b> Validación de Instrumento 2	70
<b>Anexo 10:</b> Validación de Instrumento 3	71

<b>Anexo 11:</b> Sistema para generar las micro-nanoburbujas de aire-ozono	72
<b>Anexo 12:</b> Construcción y descripción de sistema para aplicar las micro-nano burbujas.	73
<b>Anexo 13:</b> Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica, ARD-ST.	75
<b>Anexo 14:</b> Análisis de la muestra Tratada 1 y 2 de agua residual doméstica (ARD-TR1 y ARD-TR2).	76
<b>Anexo 15:</b> Análisis de la muestra Tratada 3 de agua residual doméstica (ARD-TR3)	77
<b>Anexo 16:</b> Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica (ARD-C1) y agua Tratada 1 agua (ARD-C2).	78
<b>Anexo 17:</b> Análisis de la muestra de agua residual doméstica tratada 3 (ARD-C3) y tratada 4 (ARD-C4)	79
<b>Anexo 18:</b> Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica (ARD-Q1) y agua Tratada 1 agua (ARD-Q2)	80
<b>Anexo 19:</b> Análisis de la muestra de residual doméstica tratada 3 (ARD-Q3) y agua Tratada 4 agua (ARD-Q4)	81
<b>Anexo 20:</b> Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica (ARD-S01)	82
<b>Anexo 21:</b> Análisis de la muestra de agua residual doméstica tratada 1 (ARD-S02)	83
<b>Anexo 22:</b> Análisis de la muestra de agua residual doméstica tratada 2(ARD-S03) y tratada 3 (ARD-S04)	84
<b>Anexo 23:</b> Matriz de Consistencia	85
<b>Anexo 24:</b> Medición de las micro-nanoburbujas	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Acción de las micro-nanoburbujas	13
<b>Figura 2:</b> Dispositivo para generar micro-nanoburbujas	14
<b>Figura 3:</b> Agua residual doméstica, Paty CARHUAZ- ANCASH	24
<b>Figura 4:</b> Investigador recolectando las muestras de agua residual doméstica, Paty CARHUAZ- ANCASH	24
<b>Figura 5:</b> Determinación de los parámetros de campo	25
<b>Figura 6:</b> Determinación de la turbiedad	26
<b>Figura 7:</b> Determinación de la conductividad inicial	26
<b>Figura 8:</b> Persevante para DQO	27
<b>Figura 9:</b> Muestra Inicial para determinar coliformes fecales y totales	27
<b>Figura 10:</b> Generador de Ozono y Compresora	28
<b>Figura 11:</b> Generación de micro-nanoburbujas	29
<b>Figura 12:</b> Concentraciones diferentes de Aguas residuales domésticas	29
<b>Figura 13:</b> Concentraciones diferentes de Aguas residuales domésticas	30
<b>Figura 14:</b> Determinación de los parámetros físicos	30
<b>Figura 15:</b> Determinación de la conductividad en el tratamiento 1	31
<b>Figura 16:</b> Determinación de la turbiedad en el tratamiento 1	31
<b>Figura 17:</b> Determinación de la conductividad en el tratamiento 2	31
<b>Figura 18:</b> Determinación del Oxígeno disuelto en el tratamiento 2	32
<b>Figura 19:</b> Determinación de la turbiedad en el tratamiento 2	32
<b>Figura 20:</b> Determinación del Oxígeno disuelto en el tratamiento 3	32
<b>Figura 21:</b> Determinación de la turbiedad en el tratamiento 3	33
<b>Figura 22:</b> Determinación de la conductividad en el tratamiento 3	33
<b>Figura 23:</b> Muestra conservadas para ser analizadas en laboratorio	34
<b>Figura 24:</b> Muestras de micro-nanoburbujas	35
<b>Figura 25:</b> Tamaño de la micro-nanoburbujas	36
<b>Figura 26:</b> Visualización de las micro-nanoburbujas	36
<b>Figura 27:</b> Comportamiento del pH en los 3 tratamientos	42
<b>Figura 28:</b> Comportamiento de la turbiedad en los 3 tratamientos	42
<b>Figura 29:</b> Comportamiento de la conductividad en los 3 tratamientos	43
<b>Figura 30:</b> Comportamiento del Oxígeno Disuelto en los 3 tratamientos	44

<b>Figura 31:</b> Comportamiento de los Sólidos Totales en Suspensión	44
<b>Figura 32:</b> Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	45
<b>Figura 33:</b> Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno	46
<b>Figura 34:</b> Comportamiento de los coliformes fecales y totales con respecto a los tratamientos con micro-nanoburbujas	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de Variables	19
<b>Tabla 2:</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
<b>Tabla 3:</b> Concentraciones Iniciales	25
<b>Tabla 4:</b> Resultados de las muestras antes del tratamiento	28
<b>Tabla 5:</b> Resultados de las muestras iniciales	29
<b>Tabla 6:</b> Resultado de los tratamientos en el laboratorio de la UCV	34
<b>Tabla 7:</b> Resultado obtenidos del laboratorio EQUAS	35
<b>Tabla 8:</b> Resultado general de las características de las Micro-nanoburbujas	38
<b>Tabla 9:</b> Eficiencia de Reducción	39
<b>Tabla 10:</b> Comparación con el ECA	40
<b>Tabla 11:</b> Resultado general de los parámetros físicos y químicos	41
<b>Tabla 12:</b> Prueba de normalidad	48
<b>Tabla 13:</b> Prueba de Friedman para muestras relacionadas	49
<b>Tabla 14:</b> Estadístico de contraste	50

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objeto principal, Reducir los coliformes fecales y coliformes totales mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio, presentes en las aguas residuales domésticas del distrito Carhuaz, Ancash 2016.

Los tratamientos se llevaron a cabo empleando el generador de micro-nanoburbujas de aire-ozono de ECONANOTEC, con un caudal de 4.67 L/min. El tamaño promedio de las micro-nanoburbujas fue de 6.74  $\mu\text{m}$ . Aplicando la técnica ; se logró reducir la concentración de coliformes presentes en aguas residuales domésticas, la concentración inicial de Coliformes fecales fue 130000 NMP/100mL y para coliformes totales 240000 NMP/100mL, luego de aplicar las micro-nanoburbujas de aire-ozono, se obtuvo que, en el Tratamiento 1; la reducción fue de 1000 NMP/100mL y 4500 NMP/100mL, en el Tratamiento 2; la reducción fue 500 NMP/100mL y 2500 NMP/100mL, en el Tratamiento 3 la reducción fue a 100 NMP/100mL y 100 NMP/100mL.

Es así que se logró determinar la eficiencia de reducción de coliformes fecales y totales en aguas residuales domésticas, mediante la aplicación de micro-nano burbujas de aire-ozono, el promedio de la eficiencia de reducción para coliformes fecales es de 99.58% y para coliformes totales del 99.01%.

Se logró mejorar parámetros físicos y químicos en los 3 Tratamientos, los tiempos empleados son de 6min y 20 min para tratar el efluente, las concentraciones finales mejoraron notoriamente después de aplicar las micro-nanoburbujas de aire-ozono.

Concluyéndose que la aplicación de esta técnica fue eficiente, ya que permitió la reducción de los coliformes y la mejora de las características físicas y químicas de las aguas residuales domésticas.

**Palabras Claves:** aguas residuales domésticas, coliformes fecales, coliformes totales, micro-nanoburbujas aire-ozono.

## **ABSTRACT**

The main objective of this study is to reduce fecal and total coliform coliforms by applying micro-nanobubbles of air-ozone in the laboratory, present in the domestic wastewater of the district of Carhuaz, Ancash 2016.

The treatments were carried out using the generator of air-ozone microbubbles of ECONANOTEC, with a flow rate of 4.67 L / min. The mean size of micro-nanoblocs was 6.74  $\mu\text{m}$ .

Applying this technique, it was possible to reduce the concentration of coliforms present in the domestic wastewater, the initial concentration of fecal coliforms were 130000 NMP/100mL and for the total coliforms were 240000 NMP / 100mL, after applying the micro-nanobubbles of air-ozone, It was obtained that, in Treatment 1; The reduction was 1000 NMP / 100mL and 4500 NMP / 100mL, in Treatment 2; The reduction was 500 NMP / 100mL and 2500 NMP / 100mL, in Treatment 3 the reduction was at 100 NMP / 100mL and 100 NMP / 100mL

Therefore, it was possible to determine the efficiency of the reduction of fecal and total coliforms in domestic wastewater by applying micro-nanobubbles air-ozone, the average of the reduction efficiency of fecal coliforms were 99.58% and total coliforms were 99.01%.

The physical and chemical parameters were improved in the 3 treatment, 6 and 20 minutes were the used times for the treatment of the effluent; the final concentrations improved notoriously after the application of air-ozone micro-nanobubbles.

Concluding that the application of this technique was efficient, since it allowed the reduction of coliforms and the improvement of the physical and chemical characteristics of the domestic wastewater.

Key words: domestic wastewater, fecal coliforms and total coliforms, micro-nanobubbles air-ozone

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática.

A medida que la población, se va desarrollando a pasos agigantados los espacios para poder habitar un lugar van disminuyendo, se van depredando ecosistemas y áreas naturales. Estas actividades conllevan al incremento del consumo de agua, y una de las preocupaciones ambientales más relevantes en el Perú, se da por la contaminación de los recursos hídricos, producto del vertido de aguas residuales, incluyendo las aguas residuales domésticas, generando efectos al ambiente. En el interior de nuestro se presentan deficiencias en las plantas de tratamiento, y en la mayoría de casos no se cuenta con tratamiento para estos efluentes.

Según el plan nacional de saneamiento 2006-2015-vivienda, el Perú cuenta con una totalidad de saneamiento (alcantarillado) en todo el país del 57%, el 22% trata sus aguas residuales, sin embargo solo el 6% son tratamientos aceptables, lo más preocupante es que el 70% de efluentes incluyendo las aguas residuales domésticas son vertidas directamente a los cuerpos receptores como ríos y mares sin ningún tratamiento.

Es así que en Conformación de la Comisión Multisectorial para la Recuperación de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Santa, la Autoridad Nacional del Agua (2012), sostiene:

Existen 46 fuentes contaminantes en la cuenca del río Santa, de las cuales 09 son vertimientos de aguas residuales industriales, 02 son vertimientos de aguas residuales de pasivos ambientales, 07 de aguas pluviales, 16 de aguas residuales domésticas, y 05 de aguas residuales de baños termales que contaminan directamente las aguas del río Santa, al no contar con su respectiva planta de tratamiento.

En los últimos años, la cuenca del río Santa viene siendo afectada por la contaminación debido al vertido de aguas residuales, incluyendo las aguas residuales domésticas; que en su composición contienen alta carga de microorganismos, y turbiedad, partículas en suspensión, entre otros contaminantes. Es así, que el exceso de estos contaminantes microbiológicos de

este efluente esta dañando al río Santa y comprometiendo la salud de la población ribereña que hace uso de este recurso para la agricultura.

En ese contexto, en el Proyecto, Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento de Aguas servidas, Distrito de Carhuaz, Provincia de Carhuaz – Ancash (2010), afirma:

La ciudad de Carhuaz evacúa sus aguas residuales domésticas hasta el río Santa, mediante canales de tierra y tuberías de cemento. Así la ciudad no cuenta con una la planta de tratamiento, por lo cual las aguas residuales se vierten directamente al río Santa, deteriorando su calidad.

El distrito de Carhuaz hasta la fecha no trata sus efluentes domésticos, por razones económicas y falta de recursos técnicos de investigación de sus pobladores, lo cual esta afectando la calidad del río Santa.

En la presente investigación se evaluará la reducción de coliformes (fecales y totales) presentes en las aguas residuales domésticas del distrito de Carhuaz mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio.

## **1.2. Trabajos previos**

Según Martínez (2014), en su tesis "Tratamiento Terciario de Agua Residual Doméstica Mediante el Uso de un Humedal a Diferentes Tiempos de Retención Hidráulica". Su objetivo general se basó en determinar la eficiencia tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un humedal compuesto por *Canna indica* y *Typha domingensis* a dos diferentes TRH. Donde evaluó la eficiencia del tratamiento terciario con *Canna indica* y *Typha domingensis* en dos tiempos de retención hidráulica unade 12h y 24h, mostrando mejores resultados el de 24 horas (formación de nitratos y sulfatos)

Por otra parte Calderón (2014), en su tesis de maestría "Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias" .Su objetivo general se basó en determinar la eficiencia de un biodigestor comercial, para la remoción de contaminantes en aguas residuales domiciliarias, después de 5 años de actividad. Logró remover 97% de remoción de sólidos sedimentables y DBO<sub>5</sub> de 57%. También se observó una eficiencia de

94% de remoción de sólidos sedimentables y DQO del 47 %, a un período de retención de 11,28 horas.

Según BACA (2012), en su tesis “Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona” .Su objetivo era evitar la contaminación ambiental que existía en dicha bahía, para ello caracterizó los efluentes domésticos, estableció un diseño de humedal a pequeña escala con la finalidad de realizar diferentes pruebas que determinen la efectividad de remoción de estos contaminantes, logró remover SST en un 90.90%, DBO<sub>5</sub> en un 90.71%, Nitratos en un 50.06%, Fosfatos en un 94.50%, Hierro en un 90.30%,y coliformes fecales en un 99 %.

Según García (2010), mediante su tesis de maestría “Efecto del uso de plantas y configuración de los sistemas en la remoción de organismos patógenos mediante el uso de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en condiciones tropicales” Su objetivo general fue establecer el efecto que las plantas y la configuración de los sistemas sobre las eficiencia de depuración de microorganismos patógenos (Coliformes Totales, E. Coli y Huevos de Helmintos) en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en condiciones tropicales. Demostró que la vegetación es fundamental en la remoción de E. Coli y Nutrientes. Con esta combinación de sistema (VF-HF) es posible obtener eficiencias de remoción del 99% en los Huevos de Helmintos, 97% en Coliformes Totales 98% en E. Coli.

Riascos (2014), en su tesis “efecto del tipo de flujo en la cinética de remoción de organismos indicadores de contaminación bacteriológica en humedales construidos sembrados con papiro (*Cyperus, sp*) usando agua residual doméstica proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la U.T.P.”. Su objetivo general se basó en analizar los efectos de las plantas con diferentes flujos en la depuración de microorganismos indicadores de contaminación en humedales construidos. Donde logró reducir la concentración de materia orgánica expresada como DBO<sub>5</sub> fueron superiores al 90%, para DQO

fue 85% en todas las unidades, Para Sólidos Totales las remociones fueron superiores al 50% en los humedales de flujo Vertical Horizontal.

Según Torres, et al, (2015) en su investigación " Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo Lurigancho" .Su objetivo de la investigación se basó en determinar la eficiencia de las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales a escala piloto de flujo libre superficial (FLS) en el agua para riego de Carapongo-Lurigancho), donde logró 84% para el DBO, 89% para Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes, 3% para pH y 77% para turbidez.

Según Sumikura (2010), en su investigación "método de desinfección con microburbujas de ozono para el sistema de reutilización de aguas residuales" su objetivo fue evaluar la capacidad de ozonización con micro burbujas para reutilización de aguas residuales. Donde logró obtener micro burbujas de un 80 % de efectividad, a una presión de 0.3 MPa, Además Logró generar radicales libres OH de microburbujas de aire, que permitieron inactivar microorganismos en el agua.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Aguas Residuales**

Es un líquido de composición variada proveniente de uso municipal, industria, comercial, agrícola, pecuarios, o de cualquier otra actividad relacionada, ya sea pública o privada, y que por ese motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

Así mismo Baca (2012, p.65) mencionó, que estos efluentes están compuestos por contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos, además se encuentran en el efluente de manera disuelta o en suspensión, el no recibir un tratamiento adecuado puede ser perjudicial para los ecosistemas acuáticos o los usos que se le pueda dar

Se denomina “Aguas residuales cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reutilizadas, y vertidas a un cuerpo receptor o descargadas al sistema de alcantarillado” (OEFA, 2014)

### **1.3.2 Aguas Residuales domésticas**

Las aguas residuales domésticas son efluentes generados por las actividades antropogénicas, relacionadas con el consumo del agua, y generadas principalmente por el metabolismo humanos, donde se emplea agua a diario en los diferentes domicilios.

Según Baca (2012, p.20) afirma, “Son aguas procedentes de los vertidos de las actividades humanas. Su composición es muy variable dependiendo del uso [...]”

“Son aquellos efluentes de origen residencial y comercial que contienen en su composición desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad antropogénica, y deben ser dispuestas adecuadamente” (OEFA, 2014)

En la Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reusó de aguas residuales tratadas, 2013, menciona:

“Las Aguas residuales domésticas son de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal”

### **1.3.3 Contaminantes presentes en aguas residuales domésticas**

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales se clasifican en físicos, químicos y biológicos. Donde se los parámetros de mayor importancia son; sólidos suspendidos, compuestos orgánicos, los organismos patógenos [...]. (García, 2012)

Según Sainz (2010, p.34) mencionó, los diferentes tipos de contaminantes que pueden encontrarse en las aguas residuales, tanto de origen industrial como urbanas, pueden clasificarse en los siguientes grupos:

**a) Contaminantes físicos**

- Grasas y aceites
- Sólidos
- Espumas

**b) Contaminantes químicos**

- Materia orgánica
- pH
- Acidez / Basicidad
- Nitrógeno y Fósforo
- Compuestos tóxicos
- Gases

**c) Contaminantes biológicos**

- Gérmenes patógenos
- Coliformes (Fecales, totales, Ecoli)
- Virus, Otros

Los efluentes domiciliarios necesitan ser tratados para evitar afecciones en la salud y en la calidad del ambiente, ya que contienen alta carga de contaminantes. (Marilañera, 2010, p.14)

### **1.3.4 Parámetros que se analizan en las aguas domésticas**

Los parámetros más importantes, que siempre son tomados en cuenta para ser analizados son de naturaleza químicas física y microbiológica, entre ellos tenemos:

**a) Físicos y químicos**

- pH y temperatura
- Aceites y grasas
- Oxígeno disuelto
- Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Los sólidos totales (sólidos Totales Disueltos y Sólidos totales en suspensión)

## **b) Microorganismos (coliformes fecales y totales)**

Los coliformes [...], son bacilos gramnegativos, dotados de motilidad por flagelos, son anaerobios facultativos. Son empleados como indicador de contaminación bacteriana debido a que son patógenos de sangre caliente. (Contreras y Cajamarca, 2011)

Para Ramalho, considera que Los organismos coliformes son bacterias en forma cilíndrica, presentes en el tracto intestinal, Una persona normal descarga entre 0.1 y 0.4 billones de organismos coliformes por día, además de otras especies de microorganismos (2003, p .71)

### **1.3.5 Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles**

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos.

- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua según D.S N° 002 -2008 –MINAM (Anexo N° 1)
- En el Perú esta vigente el D.S. N° 003-2010-MINAM que norma los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales hacia los cuerpos de agua.(Anexo N° 2)

### **1.3.6 Tecnologías en el tratamiento de aguas residuales**

#### **a) Tratamientos primario**

El tratamiento primario consiste en eliminar los sólidos en suspensión mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión. Entre los tratamientos más empleados tenemos, cibrado, sedimentación, separación de aceites, homogenización, naturalización, tanques Imhof, entre otros. (Arce, 2013)

#### **b) Tratamientos secundarios**

Para Benítez (2009), Se refiere a la remoción de sólidos suspendidos, materia orgánica, organismos patógenos, mediante la sedimentación [...]

Entre los tratamientos más empleados tenemos; lodos activos, aireación prolongada, lagunaje con aireación, filtros biológicos, discos Biológicos, Filtros sumergidos, entre otros.

### **c) Tratamientos Terciarios**

Los tratamiento terciarios permiten tratar mejor al efluente, entre los tratamientos más empleados tenemos; filtración, precipitación y coagulación, adsorción, intercambio iónico, osmosis Inversa, electrodiálisis, cloración y ozonización, entre otros. Para Benítez (2009), el tratamiento terciario o avanzado permite, generalmente remover nutrientes, para prevenir la eutrofización.

### **d) Métodos de desinfección del aguas**

- **Cloración:** Uno de los métodos más utilizados a nivel mundial, debido a su bajo costo y su poco efecto residual. La desventaja de este método es que deja un mal sabor y olor al agua, además existen microorganismos resistentes a este compuesto. (Calderón y Beutelspacher, 2005)
- **Ozonización:** Este compuesto posee carácter bactericida, y por su capacidad oxidante, posee mayor poder de acción que el cloro. Así mismo mejora las propiedades organolépticas y degrada tintes.(Calderón y Beutelspacher, 2005)

Los beneficios de emplear esta técnica son; las desinfección bacterial, inactivación de virus, la oxidación de compuestos orgánicos e inorgánicos (hierro, magnesio, detergentes, herbicidas), entre otros

- **Radiación ultravioleta**

Consiste en tratar el líquido sometiéndolo a la radiación ultravioleta [...]. Esta técnica es costosa y lenta, y dificultosa para tratar grandes volúmenes de efluente. Se emplea en aplicaciones a pequeña escala y no a gran escala. (Calderón y Beutelspacher, 2005)

### **1.3.7 Tecnologías empleadas para tratar las aguas residuales en Perú y su situación actual**

En el país la mayoría de técnicas empleadas para tratar las aguas residuales, son por lagunas de estabilización, humedales artificiales, tanques imhof, filtros biológicos, entre otros. Sin embargo estas técnicas requieren grandes espacios para tratar los efluentes, y necesitan una buena cantidad de tiempo para eliminar los contaminantes.

Según el ANA (2016), mediante el Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas menciona, las tecnologías utilizadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales en Perú, se aprecia que el 73% de las Planta de tratamiento de aguas residuales, incluyen en su proceso de tratamiento algún tipo de laguna, desde solo una laguna facultativa primaria, dos o más facultativas, lagunas anaerobias con facultativas y de pulimento, hasta lagunas aireadas con facultativas y de pulimento.

### **1.3.8 Nanotecnología**

La nanotecnología es una ciencia que se centra es el estudio a una escala nanométrica.

Para Valverde (2016), La nanotecnología ambiental es una nueva disciplina científico-tecnológica que estudia las propiedades de los nanomateriales naturales y fabricados por el hombre, sus aplicaciones, las técnicas para su caracterización, los procesos de integración y transformación en ecosistemas [...].

### **1.3.9 Microburbujas y Nanoburbujas (MNBs)**

Las microburbujas y las nanoburbujas son burbujas de diámetros pequeños es decir a escala de los micrómetros y nanómetros, no existe un acuerdo exacto sobre los diámetros exactos para definirlos, existen diferentes autores que manejan sus rangos para identificar a las microburbujas y nanoburbujas.

“Las microburbujas (MBs) y nanoburbujas (NBs) son burbujas diminutas con un diámetro respectivo de 10–40 $\mu$ m y <200nm, y han sido exploradas para varias aplicaciones” (Agarwal, Jem & Liu, 2011)

El tamaño de las micro-nano burbuja, depende del campo de trabajo a realizar, es decir de 10 a 40 $\mu\text{m}$  para el campo de bioactividad, es decir en el estudio de la actividad fisiológica en los organismos vivos y < 100  $\mu\text{m}$  para el campo de la física de fluidos (Tsuge, 2014, p.3)

### **1.3.10 Características de las micro-nano burbujas**

#### **a) Estabilidad**

La estabilidad de las micro-nanoburbujas, dependen de su tamaño; es decir que las burbujas al ser más pequeñas y poseer una mayor presión interna son más estables, lo cual su tiempo de supervivencia en el fluido es mayor, además cabe mencionar que la efectividad de tratamiento se incrementa cuando las micro-nanoburnujas son más pequeñas.

Las micro-nano burbujas contienen pequeñas cavidades de gas en su interior, y se encuentran en equilibrio, debido a que tienen mayor presión interna que el ambiente que lo rodea. Dichas burbujas cuando poseen menor diámetro son más estables durante un tiempo significativo y las burbujas de mayor diámetro desaparecen aceleradamente. (Chaplin, 2016)

Según TSUGE, la vida de las nanoburbujas depende de la condición del agua, muchos investigadores están tratando de aclarar el mecanismo de estabilidad nanoburbujas, pero existe mucha dificultad en la medición de las propiedades de estas partículas minúsculas. (2014, p.120)

Debido al equilibrio entre la alta presión interna de las microburbujas y la tensión superficial del fluido donde circundan, los puntos calientes están formados por calor intenso cuando el gas contenido en las micro-burbujas se comprime. Debido a la descomposición pirolítica que ocurre dentro del colapso de las burbujas, se generan radicales OH y ondas de choque. (Sumikura [et al], 2007)

Diversas investigaciones han evidenciado que, debido al equilibrio de la tensión superficial del fluido y la presión interna de las microburbujas; se forman puntos calientes debido a que el gas dentro del interior de las burbujas se comprime.

Producto a la descomposición pirolítica que se genera en el interior del colapso de las microburbujas, se generan radicales OH [...]. (Sumikura [et al], 2007)

### **b) Velocidad de la micro-nanoburbuja**

Según Tsuge (2014), Las propiedades físicas del fluido influyen sobre la velocidad lenta de ascenso de las micro-nanoburbujas, es representada mediante la siguiente fórmula:

$$U = \frac{pgd^2}{18\mu}$$

Dónde:

**U:** Velocidad lenta de ascenso

**p:** Densidad del líquido,

**g:** Aceleración de la gravedad ,

**d:** Diámetro de la burbuja

**μ:** viscosidad del líquido

Este autor con la presente formula pone como ejemplo que una microburbuja de un tamaño de 10μm, se eleve lentamente a 20cm/h

### **c) Presión de la micro-nano burbuja**

De la misma manera TSUGE (2015) menciona, que entre la presión y el diámetro existe una relación y es expresada por la ecuación de Young – Laplace.

$$P = PI + \frac{4\sigma}{db}$$

**P:** Presión de la burbuja

**PI:** Presión del líquido

**σ:** Tensión superficial

**db:** Diámetro de la burbuja

Para valores de presiones internas de las burbujas cuyos diámetros son de 1μm y 100nm son 3,87 y 29,7 atm, respectivamente, usando la tensión superficial del agua a 20°C 72,8mN/m, la presión circundante de la burbuja es 1 atm

### **1.3.11 Características del líquido con las micro-nanoburbujas y los gases empleados para su generación**

Cuando se generan las micro-nano burbujas (MNBs) el aspecto del agua cambia agua se vuelve de color blanco, aspecto lechoso, como resultado del efecto de dispersión de la luz de las micro-nanoburbujas. Esta apariencia se observó sólo unos pocos segundos después de comenzar la generación de microburbujas y se mantuvo durante todo el período de producción de burbujas. (YUMI, 2010, p. 15)

Para producir burbujas escala nanométrica y micrométrica, se utilizan diferentes gases, dependiendo del efluente a tratar, entre los gases más empleados para su generación tenemos; oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), Aire y otros gases.

Según Yumi (p.15, 2010), para generar las microburbujas y nanoburbujas se emplearon gases a diferentes purezas como; Oxígeno (O<sub>2</sub>) 99.999%, Xenón (Xe) 99.999%, nitrógeno(N) 99.9995%, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 99.995%.

Para Figueroa (2010), el ozono, en forma natural, posee corto tiempo de vida, sin embargo cuando son nanoburbujas el periodo de vida se eleva, mejorando así la efectividad del tratamiento. En investigaciones relacionadas se encontró que el ozono (O<sub>3</sub>) elimina el 99.99% de las bacterias pero con nanoburbujas el 99,9999% de inactivación.

### **1.3.12 Tratamiento del agua con la tecnología de las microburbujas y Nanoburbujas (MNBs)**

#### **a) Desinfección del agua**

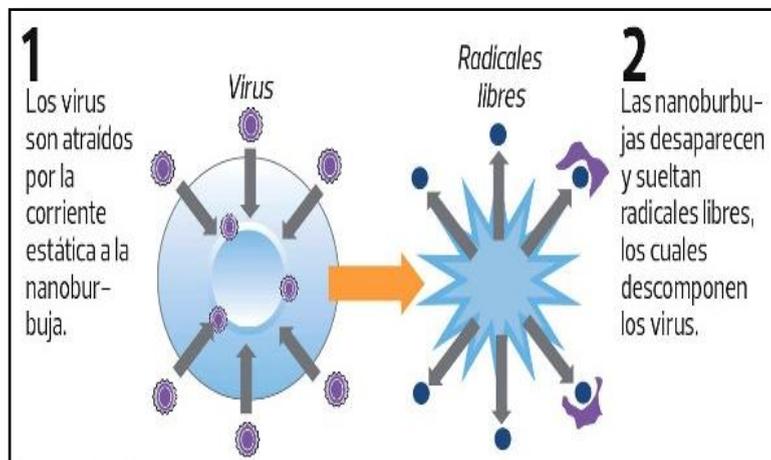
Las micro/nano burbujas poseen carga negativa producto del incremento de la concentración de iones alrededor, debido de la interfase gas-liquido (Win2sol, 2016)

Así mismo Tsuge et al. (2014) mencionó, que debido al colapso de las microburbujas se generan radicales libres reactivos, es por ello ofrecen una efectividad alta en la desinfección y tratamiento de efluentes [...]

Según Kobayashi et al. (2011), han investigado la capacidad de desinfección de las microburbujas de ozono, contra *Fusarium xysporum* f. sp. *melonis* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. Es así que las microburbujas de ozono poseen mayor tiempo de vida en el fluido, lo que permite que sea efectivo la eliminación de estos agentes bacterianos.

En este proceso las ondas expansivas y OH radicales generadas por el colapso del microburbujas, son consideradas como la causa principal para inactivación de coliformes [...]. Además, la eficacia de desactivación de *E. coli* es alta (SUMIKURA et al, 2007)

Según GALARZA (2012) menciona, que Marino Morikawa logró mejorar la calidad del agua del humedal Santa Rosa-Chancay, mediante burbujas milimétricas. Estas burbujas depuran y eliminan bacterias y otros contaminantes. Al generar burbujas milimétricas, estas permanecen de 4 a 8 horas en el agua, lo cual hace que estas burbujas atrapen e inmovilicen a los virus y bacterias, producto de los radicales libres debido a la explosión de estas.



**Figura 1:** Acción de las micro-nanoburbujas  
**Fuente:** Marino Morikawa

### 1.3.13 Aplicaciones generales de las micro-nanoburbujas

Las micro-nanoburbujas, pueden ser aplicadas en temas ambientales; y otras áreas; donde se busque solucionar un problema ambiental, a continuación se detallan los campos de aplicación de estas burbujas diminutas.

#### **a) Ambientales**

En el tratamiento y mejora de la calidad de agua en lagos, lagunas, ríos, humedales, estanques, costas, manglares, aguas subterráneas y aguas marinas. (Valverde, 2016)

#### **b) Industriales**

En el tratamiento de aguas residuales de industrias como: papeleras, farmacéutica, biomédica, petroquímica, química, láctea, frigoríficos, curtiembres, lavanderías, alimenticia, textil, metalúrgica, entre otras. Así mismo en el tratamiento y mejoramiento del agua en aquellos procesos relacionados con la extracción de petróleo, gas y minerales. (Valverde, 2016)

#### **c) Explotación primaria**

En el tratamiento de aguas utilizadas en la industria de producción del sector agropecuario (porcicultura, agricultura, acuicultura, avicultura, entre otros). (Valverde, 2016)

### **1.3.14 Descripción del sistema de generación y aplicación de micro-nano burbujas de aire-ozono con el equipo ECONANOTEC**

Para mejorar la calidad del efluente doméstico y así eliminar los coliformes y mejorar la concentración de otros contaminantes presentes en el efluente, Se empleó el dispositivo para generar micro-nanoburbujas- ECONANOTEC.



**Figura 2:** Dispositivo para generar micro-nanoburbujas  
**Fuente:** Muestra Propia

El equipo ECONANOTEC, posee una medición de 49 cm de largo, 10 cm de ancho. Este equipo combina diferentes técnicas para poder generar las micro-nanoburbujas de aire-ozono como; rompe olas, flujo turbulento, Mallas. Dicho equipo genera un promedio de micro-nanoburbujas de aire ozono de 1-20  $\mu\text{m}$ , para ello se trabaja con una presión de 90 PSI, y un caudal de agua entre 4-6 L/min.

#### **1.4. Formulación del Problema**

##### **1.4.1. Problema General**

¿En qué medida la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio reducirán los coliformes totales y fecales en las aguas residuales domésticas del distrito de Carhuaz, Ancash 2016?

##### **1.4.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuál es la eficiencia de reducción de coliformes (fecales y totales) en aguas residuales domésticas mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio?
- b) ¿Cuáles son las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en las que se encuentran las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire -ozono, con respecto al ECA
- c) ¿En qué medida las condiciones físicas (turbiedad, OD, CE SST, pH, T) y químicas ( $\text{DBO}_5$  Y DQO) de las aguas residuales domésticas mejorarán después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio.

#### **1.5. Justificación de estudio**

Ante la necesidad de encontrar alternativas eficientes de tratamiento de aguas residuales domésticas especialmente fuera del centralismo de nuestro país, es importante investigar y desarrollar técnicas de tratamiento para aguas residuales que sean factibles y puedan aplicarse en el Perú. Es por ello que nace la

necesidad de buscar e investigar nuevas tecnologías, las cuales nos permitan tratar y recuperar estas aguas de manera eficiente y eficaz, esencialmente de modo que no representen ningún riesgo para la población ni el ambiente.

Las aguas residuales doméstica son vías de transporte de contaminantes físicos (STD, SST, turbidez), y microbiológicos (coliformes fecales y totales). El tratamiento de las aguas residuales domésticas son costosas y no siempre eficientes, aquí radica la justificación de buscar una técnica eficiente ambientalmente sostenible, para, eliminar y remover estos contaminantes.

Por lo que la presente investigación, esta direccionada en reducir los coliformes, y mejorar las condiciones físicas y químicas en laboratorio de las aguas residuales domésticas; mediante la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono. De esta forma los resultados obtenidos después de aplicar la técnica serán comparados con el ECA categoría III.

Los resultados obtenidos serán de ayuda para la municipalidad distrital de Carhuaz-Ancash, y así podrán ser considerados como posibles alternativas de tratamiento de sus afluentes domésticos, y servirá de base para otros estudios en el lugar, ya que no se cuenta con ningún estudio anterior. Aquí radica la importancia de este proyecto, donde se pretenderá evaluar la eficiencia esta técnica, ya que es de un costo moderado a comparación de otras técnicas.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio reducirán los coliformes totales y fecales presentes en las aguas residuales domésticas del distrito de Carhuaz, Ancash 2016

### **1.6.2. Hipótesis general**

- a) Es eficiente la reducción de coliformes (fecales y totales) en aguas residuales doméstica mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio

- b) Las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en las que se encuentran las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono se adecuan al ECA
- c) Las condiciones físicas( turbiedad, OD,CE SST, pH, T) y químicas (DBO<sub>5</sub> Y DQO) de las aguas residuales domésticas mejoran después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Reducir los coliformes fecales y coliformes totales mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio, en las aguas residuales domésticas del distrito Carhuaz- Ancash 2016

### **1.7.2. Objetivo específico**

- a) Determinar la eficiencia de reducción de coliformes (fecales y totales) en aguas residuales doméstica mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio
- b) Comparar las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en las que se encuentran las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nano-burbujas de aire-ozono en laboratorio, con respecto al ECA
- c) Valorar la mejora de las condiciones físicas (turbiedad, OD,CE SST, pH, T) y químicas (DBO 5 Y DQO) en las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de Investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicativo, debido a que genera conocimiento por los estudios prácticos realizados.

#### 2.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es pre-experimental, ya que a través de la experimentación se pretende medir a la variable dependiente. Es decir se analizará el agua residual doméstica posteriormente se aplicarán las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio.

**Esquema:**

**GE: O<sub>1</sub>-X - O<sub>2</sub>**

**Dónde:**

**O<sub>1</sub>: Pre-Test** (Muestra de agua residuales domésticas antes del tratamiento)

**X: Tratamiento** (aplicación con las micro-nanoburbujas de aire-ozono)

**O<sub>2</sub>: Post-test** (Análisis a Muestra final al agua residual doméstica tratada)

**GE:** Grupo experimental

### 2.2. Variables y Operacionalización

**Tabla 1: Operacionalización de Variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
<b>Coliformes totales y fecales presentes en aguas residuales domésticas</b>	Es la concentración de microorganismos presentes en los efluentes domésticos	<p>Consiste en realizar un estudio previo a las aguas residuales domésticas para determinar si se encuentra contaminado con coliformes y otros contaminantes. Para desarrollar de la variable dependiente se emplearon las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio previo a las aguas residuales domésticas para determinar la concentración de coliformes fecales y totales.</li> <li>- Aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono</li> </ul>	FÍSICOS	pH	Intervalo
				temperatura (°C)	Razón
				Oxígeno Disuelto (mg/L)	Razón
				Conductividad (uS/cm <sup>-1</sup> )	Intervalo
				Turbidez (UNT)	Razón
				Sólidos totales suspendidos (mg/L)	Razón
			QUÍMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Razón
				Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Razón
			MICROBIOLÓGICOS	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Razón
				Coliformes totales (NMP/100 mL)	Razón
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
<b>Micro-nano burbujas de aire-ozono</b>	<p>Son burbujas finas de gas que tienen un diámetro de 10- 40 um y &lt; 200 nm son de carga negativa, que permanecen en los líquidos durante un período prolongado de tiempo. (Agarwal, Jem &amp; Liu, 2011)</p>	<p>Las micro-nanoburbujas de aire-ozono permiten eliminar y reducir la concentración de coliformes fecales y totales en aguas residuales domésticas. El desarrollo de la variable independiente comprende las siguientes etapas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección y análisis de la muestra de agua residual domestica</li> <li>- Tratamiento de las aguas residuales domésticas aplicando las micro-nanoburbujas de aire-ozono</li> <li>- Análisis final a la muestra tratada</li> <li>- Determinación eficiencia de reducción comparando el pre test y post test.</li> </ul>	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Tamaño de la micro-nanoburbuja ( μm)	Intervalo
				Flujo (L/s)	Razón
				Tipos Gases( Aire, Ozono)	Razón
				Velocidad lenta de ascenso de la micro-nano burbuja (cm/h)	Razón
				Presión interna de la micro-nano burbuja (atm)	Razón
				Presión del gas (PSI)	Razón
				Tiempo de Tratamiento (min)	Razón
				% Eficiencia	Razón

Fuente: Elaboración propia

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1 Población**

La población en la presente investigación son todas las aguas residuales domésticas generadas por el distrito de Carhuaz-Ancash.

### **2.3.2 Muestra**

La muestra en la presente investigación es 12.5L, para desarrollar el proceso experimental en laboratorio.

Incluyendo la muestra inicial y para las repeticiones La unidad de análisis es 1L de agua

### **2.3.3 Muestreo**

El tipo de muestreo es no probabilístico y por conveniencia, ya que se seleccionó una muestra por su accesibilidad

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para poder lograr la investigación, se plantearon 4 técnicas para la recolección de datos, los cuales son:

- Recolección y análisis de la muestra de agua residual doméstica.
- Tratamiento de las aguas residuales domésticas aplicando las micro-nanoburbujas de aire-ozono
- Análisis final a la muestra tratada en las aguas residuales domésticas
- Determinación de eficiencia de reducción comparando el Pre-test y post -test.

**Tabla 2:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recolección y análisis de la muestra de agua residual doméstica	Aguas residuales domésticas	Análisis experimental	Hoja de campo y cadena de custodio (Anexo 3-5)	Se recolectó y se obtuvo datos de los parámetros físico, químicos y microbiológicos; Donde se evidencio que este afluente estaba contaminado principalmente por, Colifomes fecales y totales.
Tratamiento de las aguas residuales domésticas aplicando las micro-nanoburbujas de aire-ozono	Laboratorio	Análisis experimental	Ficha de control y análisis de la muestra (Anexo 7)	Se trató las aguas residuales domésticas que contienen coliformes totales y fecales, con micro-nanoburbujas, con tres concentraciones diferentes.
Análisis final a la muestra tratada en las aguas residuales domésticas	Muestra después del tratamiento Laboratorio	Experimentación	Resultados finales (Anexo 13-22)	Se logró reducir los coliformes fecales y totales mejorando así la calidad del efluente
Determinación de eficiencia de reducción comparando el Pre-test y post -test.	Bibliografía	Procesamiento de datos obtenidos	Programas Excel y SPSS. Cuadro de eficiencia	Es eficiente la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono para reducir los coliformes fecales y totales.

**Fuente:** Elaboración propia

Para desarrollar la investigación consistirá de varias etapas, a continuación se describirá los procedimientos empleados.

#### **a) Recolección y análisis de la muestra de agua residual doméstica**

En esta etapa, se recolectó las muestras de agua residual doméstica del distrito de Carhuaz, Ancash, siguiendo las indicaciones del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Así también se determinó los datos de campo como son pH, turbiedad, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura.

Los parámetros microbiológicos (coliformes fecales y totales), físicos (turbiedad, conductividad) y químicos (sólidos totales en suspensión). Fueron analizados en un laboratorio acreditado en este caso el laboratorio de calidad ambiental de la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo y EQUAS.

#### **b) Tratamiento de las aguas residuales domésticas aplicando las micro-nanoburbujas de aire-ozono**

En la presente etapa, se realizó exito, es decir en laboratorio, donde primero se realizara el armado de todo el sistema para generar y emplear las micro-nano burbujas de aire-ozono, en las aguas residuales domésticas.

Para tratar las muestras se utilizó 1 concentración inicial de efluente (1L) y tres muestras finales a diferentes concentraciones de micro-nanoburbujas y agua residual doméstica para ver la efectividad del tratamiento. Además se controló el tiempo adecuado para tratar el efluente (6,20) minutos, los datos que se obtuvieron fueron anotados en la Ficha de control (ver anexo N°7)

#### **c) Análisis final a la muestra tratada en las aguas residuales domésticas**

Luego se empleó las micro-nanoburbujas de aire-ozono a las 3 muestras de a diferente concentración, se analizaron los parámetros microbiológicos y parámetros de campo como pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, y posteriormente se mandó a analizar a un laboratorio certificado las muestras de agua residual doméstica tratada.

### **2.4.2 Validez y Confiabilidad**

Para validar los instrumentos se realizó mediante la opinión de tres jueces expertos, quienes observaron y dieron su punto de vista de las fichas y posteriormente firmaron, como respaldo de la estructura propuesta, los jueces expertos son:

- Dr. Ing. Lorgio Valdiviezo Gonzales
- Ing. Ana Paucar Retuerto
- Juan Julio Ordoñez Galvez

Se tienen 3 fichas de validación de instrumentos de la Universidad César Vallejo en los anexos los cuales son:

- Anexo N°4: Validación de instrumento N° 7.
- Anexo N° 5: Validación de instrumento N° 8.
- Anexo N° 6: Validación de Instrumento N° 9.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

En la presente investigación los datos obtenidos fueron procesados al SPSS. Se empleó la prueba de normalidad con ajuste de Shapiro Wilk para determinar si las variables en estudio se aproximan a una distribución normal.

Posteriormente se empleó un análisis de mediante la prueba estadística de Friedman para muestras relacionadas donde se aplicarán tres concentración y tres repeticiones.

## **2.6. Aspectos éticos**

En el presente trabajo se pretende realizar una investigación original, donde se utilicen resultados veraces y certeros sin ser alterados. Así también se pretende seguir con todos los lineamientos necesarios para realizar una adecuada investigación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Procedimiento para la obtención de resultados

##### 3.1.1 Muestreo de agua residual doméstica



**Figura 3:** Agua residual doméstica, Paty CARHUAZ- ANCASH

**Fuente:** Agua Residual Doméstica, miércoles 13 de Diciembre del 2016.



**Figura 4:** Investigador recolectando las muestras de agua residual doméstica, Paty CARHUAZ- ANCASH

**Fuente:** Agua Residual Doméstica, miércoles 13 de Diciembre del 2016.

Se tomaron 12,5 L de agua residual doméstica en recipientes de polipropileno de 1L para los parámetros físicos, y envases de vidrio esterilizados para los parámetros microbiológicos; la temperatura de las muestras estaba en 15.8°C en campo. Luego las muestras fueron almacenadas en un cooler para preservar las muestras a 4°C de temperatura.

### 3.1.2 Pretratamiento de la muestra Inicial

En esta fase se empleó en laboratorio, los parámetros físicos 2L; para determinar la conductividad, temperatura, Oxígeno disuelto, Turbiedad 1L. Para obtener los resultados de campo en laboratorio se empleó el multiparámetro HQ40 d y el turbidímetro OAKTON T-100 de la Universidad César vallejo.

**Tabla 3:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Parámetros	Unidad	Muestra Inicial
pH	-	7.17
Turbiedad	UNT	128
Temperatura	°C	15
Conductividad eléctrica	$\mu/\text{cm}^{-1}$	288
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.66

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la muestra inicial se obtuvo un pH de 7.17, la turbiedad fue de 128 UNT, la temperatura en laboratorio fue 15°C, el oxígeno disuelto de 3.66 mg/L y por último la conductividad eléctrica fue de 288  $\mu/\text{cm}^{-1}$  estas muestras fueron tomadas con el multiparámetro de la Universidad César Vallejo.



**Figura 5:** Determinación de los parámetros de campo

**Fuente:** Laboratorio de edafología UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 6:** Determinación de la turbiedad

**Fuente:** Laboratorio de edafología UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 7:** Determinación de la conductividad inicial

**Fuente:** Laboratorio de edafología UCV, 12 de diciembre del 2016

Posteriormente se mandó a analizar al laboratorio acreditado EQUAS para poder determinar la concentración de los parámetros microbiológicos (Coliformes fecales y totales) y los parámetros químicos (DBO<sub>5</sub> Y DQO), se empleó los servicios del laboratorio EQUAS.

Para determinar los sólidos totales suspendidos se empleó 1L de efluente.

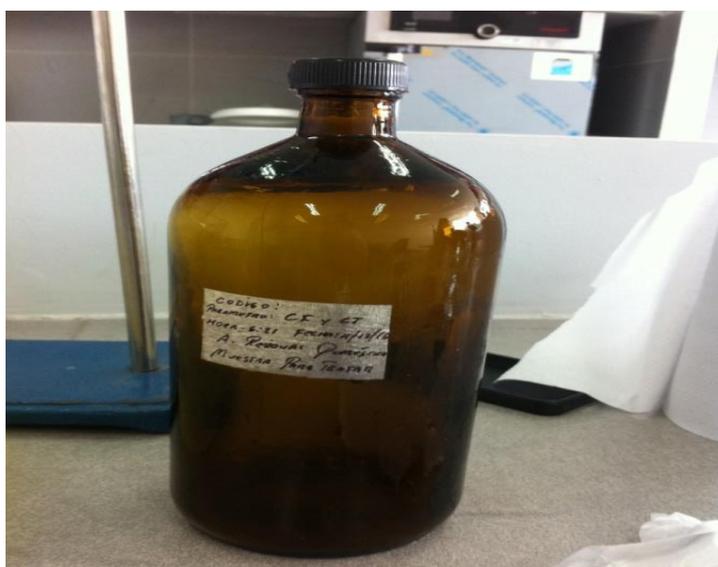
Para los parámetros microbiológicos de Coliformes fecales y totales se empleó 1L de muestra, para ambos.

Para el parámetro químico, se empleó 1L para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y 250 ml para la demanda química de Oxígeno (DQO). Cabe mencionar que para poder conservar la muestra de DQO se utilizó 7 gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para preservar la muestra.



**Figura 8:** Persevante para DQO

**Fuente:** Laboratorio de edafología UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 9:** Muestra Inicial para determinar coliformes fecales y totales

**Fuente:** Laboratorio de edafología UCV, 12 de diciembre del 2016

**Tabla 4:** Resultados de las muestras antes del tratamiento

<b>PARAMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra Inicial</b>
Coliformes fecales	NMP/100mL	130000
Coliformes totales	NMP/100mL	240000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	342
DQO	mg/L	704
STS	mg/L	246

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4, se observan los resultados obtenidos de las muestras sin tratamiento, se puede observar que los coliformes fecales tienen una concentración de 130000 NMP/100mL, los coliformes totales 240000 NMP/100 mL, la DBO<sub>5</sub> fue de 342 mg/L, DQO 704 mg/L, los STS de 246mg/L.

### **3.1.3 Tratamiento con las micro-nanoburbujas de aire-ozono**

En esta etapa se aplicó las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio, acondicionando los materiales y equipos necesarios para generarlas. Se utilizó una compresora con un flujo de 80 PSI de presión, un generador de Ozono de 10 PSI de presión, además una bomba eléctrica con un flujo de 4.67 L/min.



**Figura 10:** Generador de Ozono y Compresora

**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 7 de Diciembre del 2016.



**Figura 11:** Generación de micro-nanoburbujas

**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 7 de Diciembre del 2016.

Después de haber generado las micro-nanoburbujas se realizó el tratamiento; en tres vasos precipitados de 2L, a diferentes concentraciones; donde todos los tratamiento se trabajaron a 1L de Volumen.

**Tabla 5:** Resultados de las muestras iniciales

PRE-TEST	POST-TEST		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Inicial 1L	75% (750mL) efluente y 25% (250 mL) de MNBs	50% (500mL) efluente y 50% (500 mL) de MNBs	25% (250 mL) efluente y 75% (750 mL) de MNBs

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 12:** Concentraciones diferentes de aguas residuales domésticas

**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016.



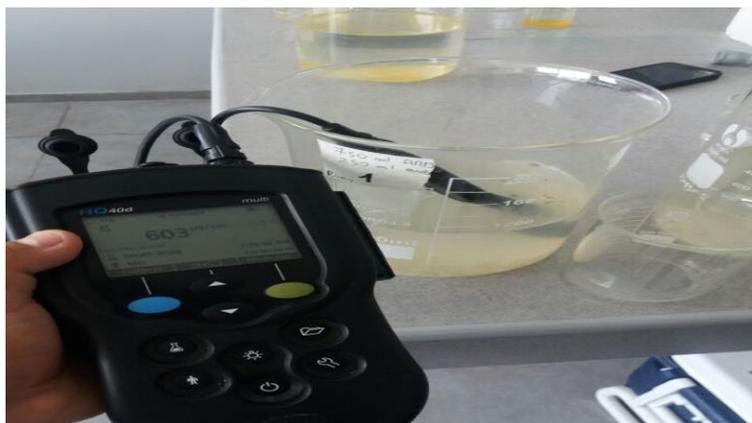
**Figura 13:** Concentraciones diferentes de Aguas residuales domésticas  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016.

En la figura 13, se aplicó las micro-nanoburbujas de aire-ozono a diferentes concentraciones a las 3 muestras de efluente.

Para los parámetros microbiológicos (coliformes fecales y totales) y químicos ( $\text{DBO}_5$  Y  $\text{DQO}$ ); las muestras fueron tratadas por un tiempo de 6 min, y para el parámetro de Sólidos totales suspendidos un tiempo de 20 min. Para el resto de parámetros físicos (Oxígeno Disuelto, Turbiedad, pH, conductividad, temperatura) un tiempo de 6 min, estos últimos parámetros fueron analizados con el multiparámetro de la Universidad César Vallejo.



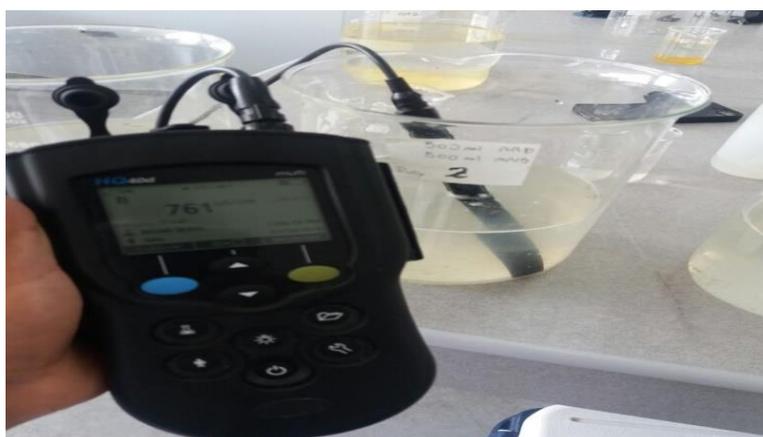
**Figura 14:** Determinación de los parámetros físicos  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



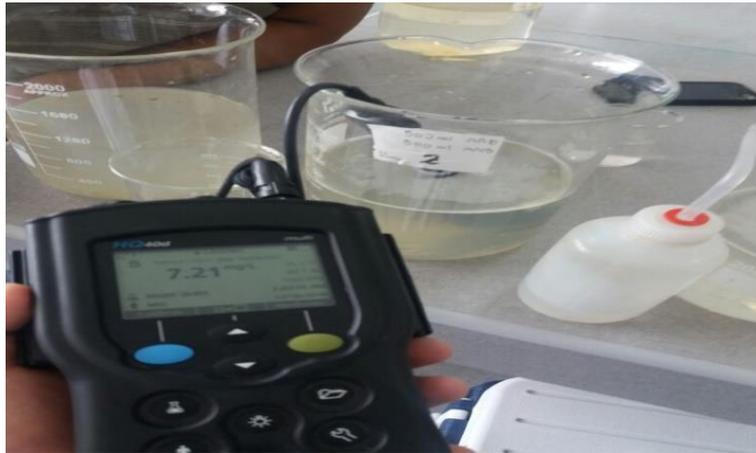
**Figura 15:** Determinación de la conductividad en el tratamiento 1  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 16:** Determinación de la turbiedad en el tratamiento 1  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 17:** Determinación de la conductividad en el tratamiento 2  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 18:** Determinación del Oxígeno disuelto en el tratamiento 2  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 19:** Determinación de la turbiedad en el tratamiento 2  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016

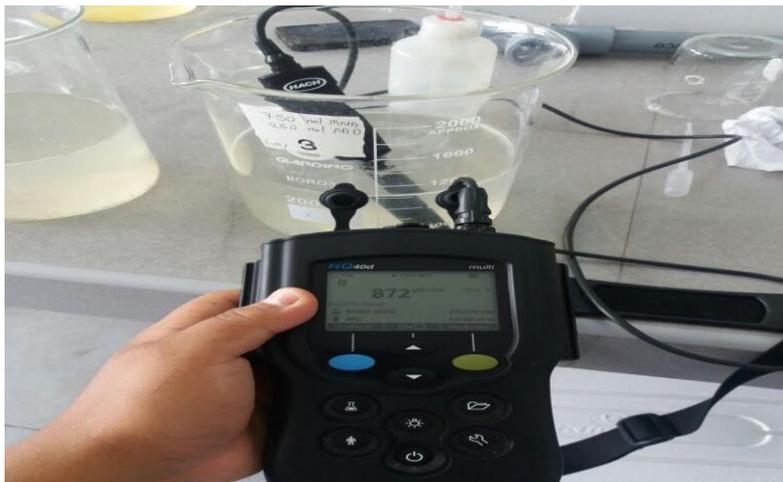


**Figura 20:** Determinación del Oxígeno disuelto en el tratamiento 3  
**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 21:** Determinación de la turbiedad en el tratamiento 3

**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016



**Figura 22:** Determinación de la conductividad en el tratamiento

**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016

**Tabla 6:** Resultados de los tratamientos en el laboratorio de la UCV

Parámetros	Unidad	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
		75% (750 mL) Efluente y 25% (250 mL) de MNBs	50% (500 mL) Efluente y 50% (500 mL) de MNBs	25% (250 mL) Efluente y 75% (750 mL) de MNBs
pH	-	6.8	7.32	7.62
Turbiedad	UNT	55.6	44.6	29
temperatura	°C	24.9	25.3	25.7
conductividad eléctrica	us.cm <sup>-1</sup>	603	761	872
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.33	7.21	7.73

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos, en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, a tres diferentes concentraciones, es decir en el Tratamiento 1, Tratamiento 2 y Tratamiento 3. Posteriormente para los parámetros microbiológicos y químicos, se tomaron las muestras y después fueron analizadas por el laboratorio EQUAS.



**Figura 23:** Muestras conservadas para ser analizadas en laboratorio

**Fuente:** Laboratorio de Edafología-UCV, 12 de diciembre del 2016

**Tabla 7:** Resultados obtenidos del laboratorio EQUAS

Parámetros	Unidad	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100 mL	1000	500	100
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100 mL	4500	2500	100
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	123	45	10
<b>DQO</b>	mg/L	200	100	35
<b>STS</b>	mg/L	89	51	46

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos del laboratorio EQUAS, después de aplicar las micro-nanoburbujas de aire-ozono, fue evidente la mejora de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas.

### 3.2. Resultado de las características de las micro-nanoburbujas

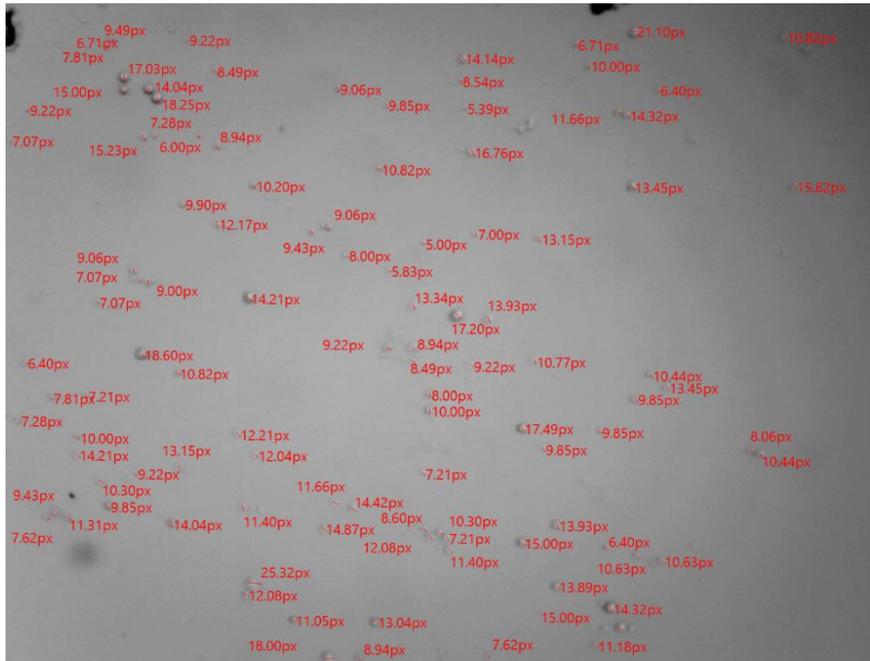
#### a) Tamaño de la micro-nanoburbujas

Se añadió a una porta objetos 3 gotas de la muestra agua. Posteriormente se expuso este porta objetos a un microscopio óptico con cámara digital de la empresa Maxcorp technologies S.A.C., obteniendo 05 imágenes con un aumento de 40X, se procedió a medir el diámetro (en pixeles) de las burbujas encontradas en las 05 imágenes tomadas aleatoriamente. Se realizaron 354 mediciones, el promedio de los diámetros encontrados es de 6.74 micras.



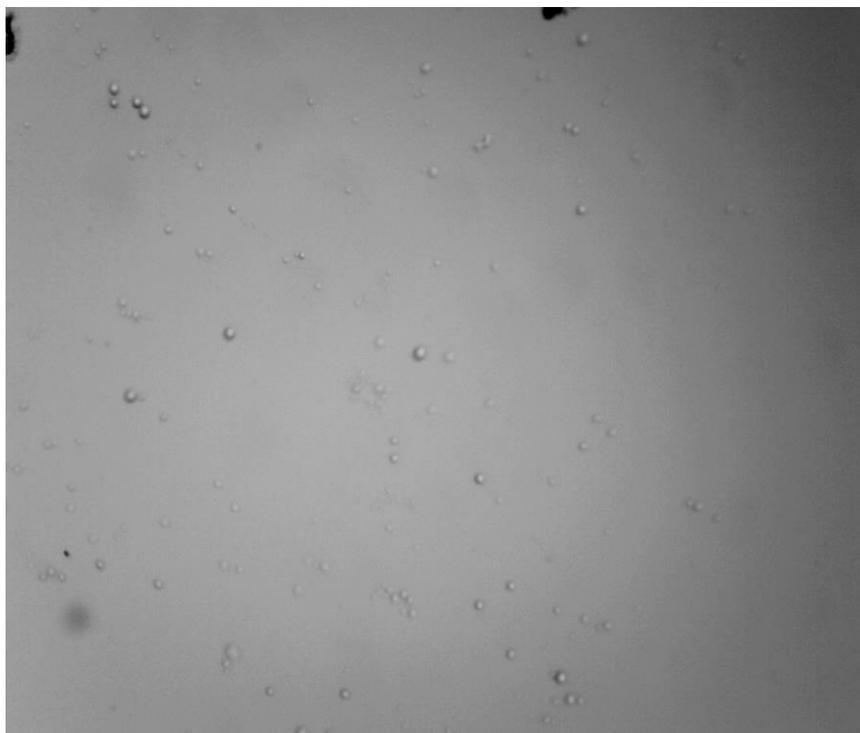
**Figura 24:** Muestras de micro-nanoburbujas

**Fuente:** Muestras obtenidas en el laboratorio de Edafología-UCV



**Figura 25:** Tamaño de la micro-nanoburbujas

**Fuente:** Informe enviado por el Laboratorio Max Corp



**Figura 26:** Visualización de las micro-nanoburbujas

**Fuente:** Informe enviado por el Laboratorio Max Corp.

**b) Velocidad lenta de ascenso de la micro-nanoburbuja**

**Fórmula:** 
$$U = \frac{\rho g d^2}{18 \mu}$$

Datos:

$$U = X$$

$$\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$d = 6.74 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\mu = 1.003 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

**Remplazando:**

$$U = \frac{997 \text{ kg/m}^3 (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (6.74 \times 10^{-6})^2}{18 (\frac{1.003 \times 10^{-3} \text{ kg}}{\text{ms}})}$$

$$U = 2.45 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

**Rpta:**  $U = 2.45 \text{ cm/h}$

Lo que se puede deducir que las micro-nanoburbujas con un diámetro de 6.74 micras se elevan lentamente 2.45 cm/h cada hora

**c) Presión interna de la micro-nanoburbuja**

Mediante la ecuación de Young – Laplace.

**Fórmula:** 
$$P = PI + \frac{4\sigma}{db}$$

$P$ : Presión de la burbuja

$PI$ : Presión del líquido =  $p.g.h$

$$= (998.2 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) (0.25 \text{ m})$$

$$= 2445.59 \text{ kg/ms}^2$$

$$= 2445.59 \text{ Pa} \rightarrow 2,41 \text{ atm}$$

$\sigma$ : Tensión superficial = 0,0728 N/m

$d_b$ : Diámetro de la burbuja =  $6.74 \times 10^{-6} \text{ m}$

$$P = 2.41 \text{ atm} + \frac{4(0,0728 \frac{\text{N}}{\text{m}})}{6.74 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$= 2.41 \text{ atm} + 43204.74 \text{ N/m}^2$$

$$= 2.41 \text{ atm} + 0,426 \text{ atm}$$

Rpta:  $P = 2.837 \text{ atm}$

Lo que se pudo deducir, que las micro-nanoburbujas tienen una presión interna de 2.837 atm

**Tabla 8:** Resultado general de las características de las micro-nanoburbujas

Tamaño de la micro-nano burbuja ( $\mu\text{m}$ )	7	
Flujo del agua (L/s)	4.666	
Tipos Gases	Aire	80%
	Ozono	20%
Presión (psi)	Aire(psi)	90
	Ozono (psi)	10
Velocidad Lenta de Ascenso (cm/h)	2.45	
Presión interna de la micro-nanoburbuja (atm)	2.837	
% Eliminación	Parámetros Físicos	20
	Parámetros Químicos	6
	Parámetros Microbiológicos	6
	Turbiedad	63.48
	Sólidos Totales en suspensión	74.79
	Coliformes fecales	99.58
	Coliformes totales	99.01
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	82.65
Demanda Química de Oxígeno	84.82	

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3. Respondiendo los Objetivos Específicos

a) De acuerdo a los resultados obtenidos del monitoreo, se determinó la eficiencia de reducción de coliformes:

**Tabla 9:** Eficiencia de Reducción

PARÁMETROS	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	Promedio de Eficiencia de reducción %
	1	2	3	
	75% (750 mL) efluente y 25% (250 ml) de MNB	50% (500 mL) efluente y 50% (500 mL) de MNB	25% (250 mL) efluente y 75% (750 mL) de MNB	
Coliformes fecales	99.23%	99.61%	99.92%	<b>99.58%</b>
Coliformes totales	98.12%	98.95%	99.95%	<b>99.01%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

Para calcular la eficiencia se determinó con la siguiente formula:

$$n = \frac{V_{inicial} - V_{final}}{V_{INICIAL}} * 100$$

En la tabla 9, se aprecia las eficiencias de reducción por cada tratamiento, sin embargo, la mejor eficiencia de ocurrió en el tratamiento 3, la cual maneja una concentración maneja 25% (250 mL) de agua residual doméstica y 75% (750 mL) de micro-nanoburbujas, donde se logró 99.92% para Coliformes fecales y 99.92 % para coliformes Totales

De esta manera el promedio de la eficiencia de reducción de coliformes es; para coliformes totales 99.01% y coliformes fecales 99.58%.

b) Al comparar las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en la que se encuentran las aguas residuales domésticas; después de la aplicación de las micro-nano-burbujas en laboratorio, con respecto al ECA

**Tabla 10:** Comparación con el ECA

Parámetro	Unidad	PRE - TEST	POST- TEST			Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM ECA-CATEGORIA 3
		Inicial	TRATAMIENTO 1 75% (750 mL) efluente y 25% (250 mL) de MNBs	TRATAMIENTO 2 50% (500 mL) Efluente y 50% (500 mL) de MNBs	TRATAMIENTO 3 25% (250 mL) Efluente y 75% (750 mL) de MNBs	
<b>Coliformes fecales</b>	<b>NMP/100 mL</b>	130000	1000	500	100	<b>1000</b>
<b>Coliformes totales</b>	<b>NMP/100 mL</b>	240000	4500	2500	100	<b>5000</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 10, luego que se aplicó la técnica, se hizo una comparativa con el D.S-N°015-2015-MINAM, se observó que la muestra inicial antes de emplear el tratamiento estaba fuertemente contaminada con coliformes fecales y totales.

En el Tratamiento 1; al aplicar la técnica a esta concentración es decir de 750 mL de efluente y 250 MI de micró-nanoburbujas, se determinó que la concentración de coliformes fecales se redujo a 1000 NMP/100 mL, sin embargo, aún no se encuentran por debajo del ECA. Para coliformes totales la concentración se redujo a 4500 NMP/100 mL, por ende los resultados están por debajo del ECA.

En el Tratamiento 2; al aplicar la técnica a esta concentración es decir de 500 mL de efluente y 500 de micró-nanoburbujas, se determinó que la concentración de coliformes fecales se redujo a 500 NMP/100 mL, encontrándose por debajo del ECA.

En el Tratamiento 3; al aplicar la técnica a esta concentración es decir de 250 mL de efluente y 750 mL de micro-nanoburbujas, se determinó que la concentración de coliformes fecales y totales disminuyeron su concentración ambas a 100 NMP/100 mL, lo cual se encuentran por debajo del ECA

c) Se valoró la mejora de las condiciones físicas (turbiedad, OD, CE, SST, pH, T) y químicas (DBO<sub>5</sub> Y DQO) en las aguas residuales domésticas; después de la aplicación de las micro-nano burbujas de aire-ozono en laboratorio obteniendo:

**Tabla 11:** Resultado general de los parámetros físicos y químicos

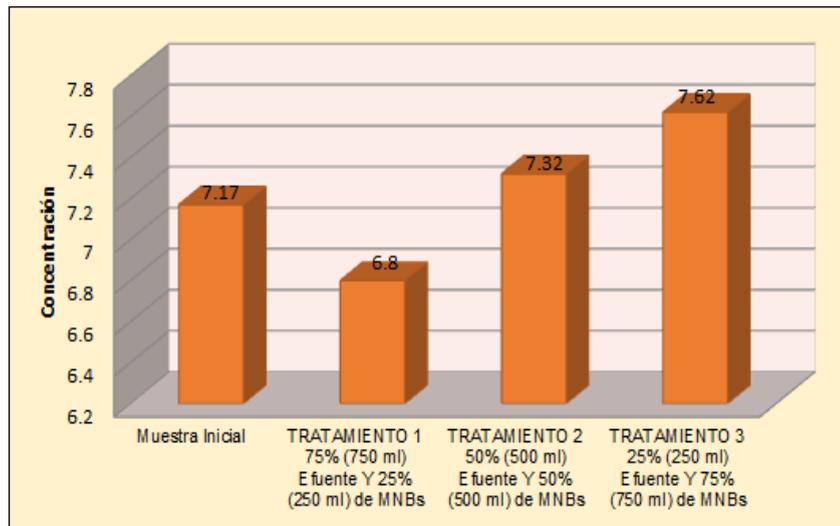
<b>Origen de la muestra : Paty - Carhuaz -Ancash</b>		<b>Tipo de Agua : Agua Residual Doméstica</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>PRE-TEST</b>	<b>POST-TEST</b>		
		<b>INICIAL</b>	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>
			75% (750 mL) Efluente Y 25% (250 mL) de MNBs	50% (500 mL) Efluente Y 50% (500 mL) de MNBs	25% (250 mL) Efluente Y 75% (750 mL) de MNBs
pH	-	7.17	6.8	7.32	7.62
Turbiedad	UNT	128	55.6	44.6	29
Temperatura	C°	24.9	24.9	25.3	25.7
Conductividad eléctrica	us.c <sup>-1</sup>	288	603	761	872
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.66	5.33	7.21	7.73
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	246	89	51	46
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	52	20	15	10
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	704	200	100	35

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 11, se detallan los resultados obtenidos después de haber aplicado las micro-nanoburbujas de aire-ozono.

A continuación se detallan los gráficos individualmente por cada parámetro.

✓ **Parámetro de pH Y Temperatura**

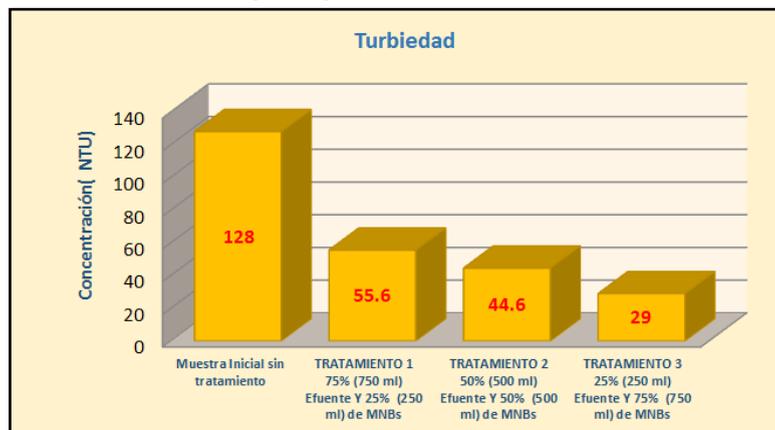


**Figura 27:** Comportamiento del pH en los 3 tratamientos

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 27, se realizó el muestreo inicial, y tres tratamientos posteriores a diferentes concentraciones. La gráfica indica que los valores para pH, tienen comportamientos similares antes y después del tratamiento; cuyos valores oscilan entre 6.8 y 7.62. La muestra inicial de pH sin tratamiento tuvo concentración de pH 7.12. Para el tratamiento 1; se obtuvo un pH de 6.8, en el tratamiento 2; se obtuvo un pH de 7.32 y en el tratamiento 3 se obtuvo un pH de 7.62. De acuerdo a estos resultados se apreció que existe ligeras variaciones de pH, pero se encuentra en el rango permitido.

✓ **Parámetro de la turbiedad (UNT)**



**Figura 28:** Comportamiento de la turbiedad en los tres tratamientos

**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 28, se realizó un muestreo inicial, y tres tratamientos posteriores a diferentes concentraciones para las aguas residuales domésticas, se determinó que la turbiedad mejoró sus características.

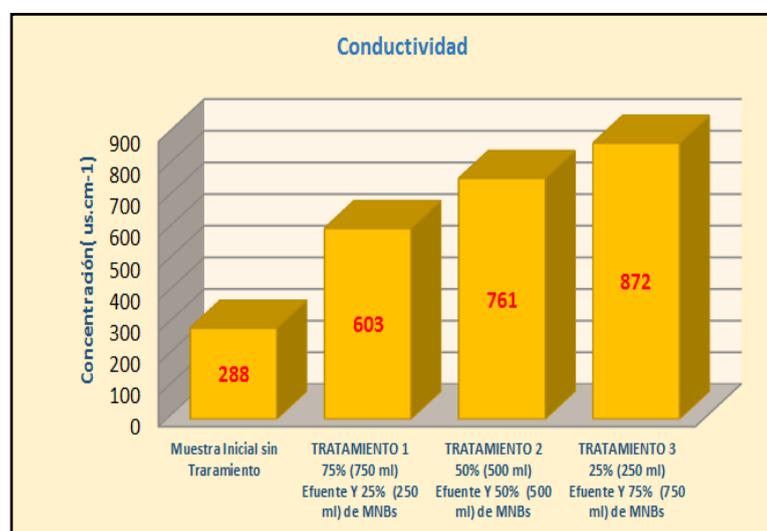
Para la muestra inicial de turbiedad sin tratamiento se obtuvo una concentración de 128 UNT.

Para el tratamiento 1; se obtuvo una concentración de 55.6 UNT

Para el tratamiento 2; se obtuvo una concentración de 44.6 UNT

Para el tratamiento 3; se obtuvo una concentración de 29 UNT

✓ **Parámetro de Conductividad Eléctrica ( $\text{us.cm}^{-1}$ )**



**Figura 29:** Comportamiento de la conductividad en los 3 tratamientos

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 29, se tuvo una muestra inicial y posteriormente se realizó tres tratamientos con micro-nanoburbujas a diferentes concentraciones, donde se determinó el parámetro de conductividad eléctrica en laboratorio, obteniendo incrementos en este parámetro.

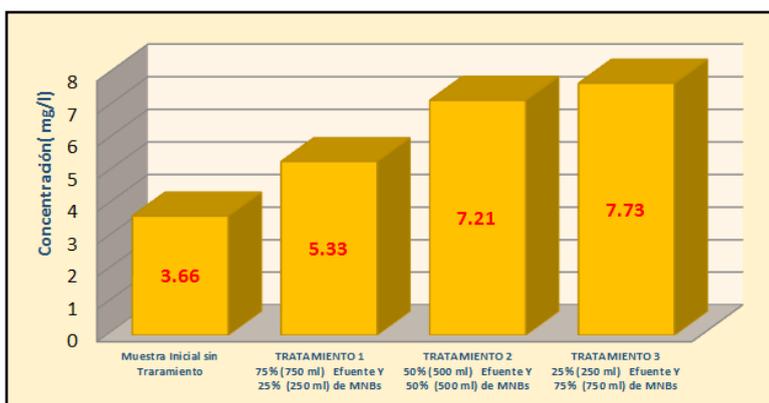
La muestra inicial de conductividad sin tratamiento tuvo una concentración de 248  $\text{us.cm}^{-1}$

Para el tratamiento 1; se obtuvo 603  $\text{us.cm}^{-1}$  de conductividad eléctrica

Para el tratamiento 2; se obtuvo 761  $\text{us.cm}^{-1}$  de conductividad eléctrica

Para el tratamiento 3; se obtuvo un 872  $\text{us.cm}^{-1}$  de conductividad eléctrica

### ✓ Parámetro de Oxígeno Disuelto



Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Comportamiento del Oxígeno Disuelto en los tres tratamientos

En la figura 30, se trabajó con una muestra inicial y posteriormente se realizó tres tratamientos con micro-nanoburbujas a diferentes concentraciones, donde se determinó que el Oxígeno disuelto en laboratorio se incrementó. La muestra inicial de Oxígeno Disuelto sin tratamiento tuvo una concentración inicial de 3.66 mg/L.

Para el tratamiento 1; se logró mejorar la concentración del Oxígeno Disuelto a 5.33 mg/L. En el tratamiento 2; se logró mejorar la concentración de Oxígeno Disuelto a 7.21 mg/L. Por último en el tratamiento 3 se logró mejorar la concentración de Oxígeno Disuelto a 7.73 mg/L.

### ✓ Parámetro Sólidos Totales en Suspensión

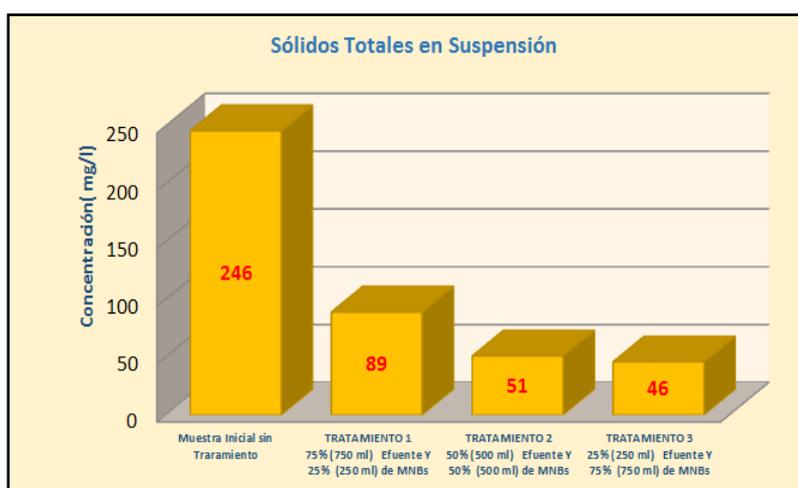


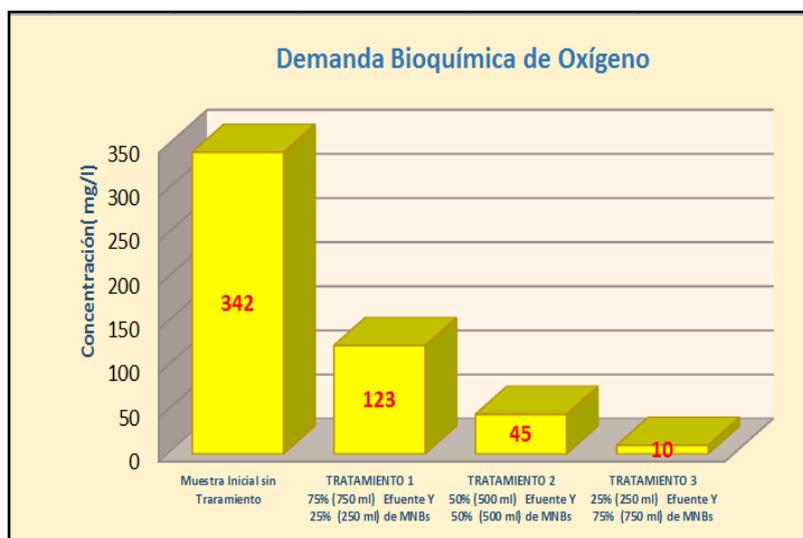
Figura 31: Comportamiento de los Sólidos Totales en Suspensión.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 31, se empleó una muestra inicial y posteriormente se realizó tres tratamientos con micro-nanoburbujas a diferentes concentraciones, donde se determinó que los Sólidos Totales en Suspensión mejoraron después de la técnica.

La muestra inicial de Oxígeno Disuelto sin tratamiento tuvo una concentración inicial de 3.66 mg/L. En el tratamiento 1; se logró mejorar la concentración de Sólidos Totales en Suspensión a 89 mg/L, en el tratamiento 2; se logró mejorar la concentración de Sólidos Totales en Suspensión a 51 mg/L, y para el tratamiento 3 se logró mejorar la concentración de Sólidos Totales en Suspensión a 46 mg/L

✓ **Parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno**



**Figura 32:** Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 32, se empleó una muestra inicial y posteriormente se realizó tres tratamientos con micro-nanoburbujas a diferentes concentraciones, donde se determinó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) mejora después de aplicar la técnica.

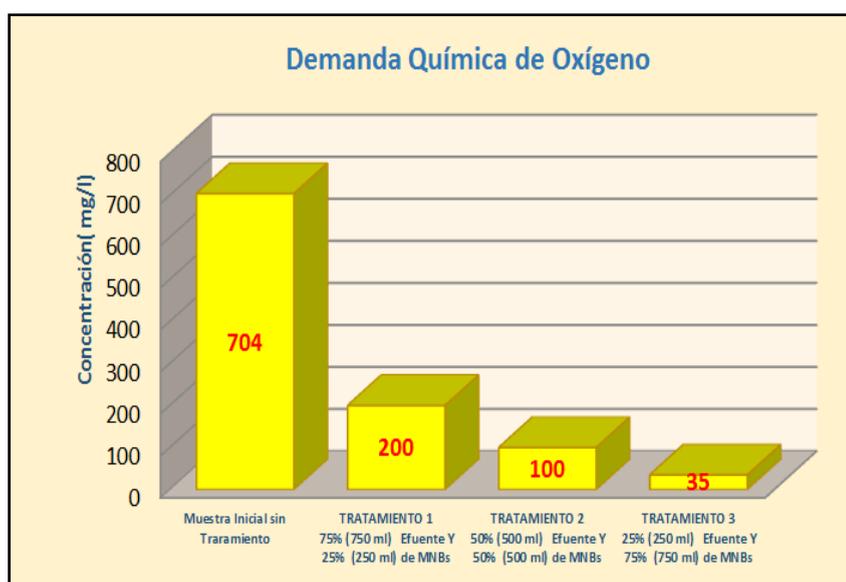
La muestra inicial de Demanda Bioquímica de Oxígeno sin tratamiento tuvo una concentración inicial de 342 mg/L

En el tratamiento 1; se logró mejorar la concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) a 123 mg/L

En el tratamiento 2; se logró mejorar la concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) a 45 mg/L

En el tratamiento 3; se logró mejorar la concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) a 10 mg/L

✓ **Parámetro de Demanda Química de Oxígeno**



**Figura 33:** Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 33, se empleó una muestra inicial y posteriormente se realizó tres tratamientos con micro-nanoburbujas a diferentes concentraciones, donde se determinó que la Demanda química de Oxígeno (DQO) mejora después de aplicar la técnica.

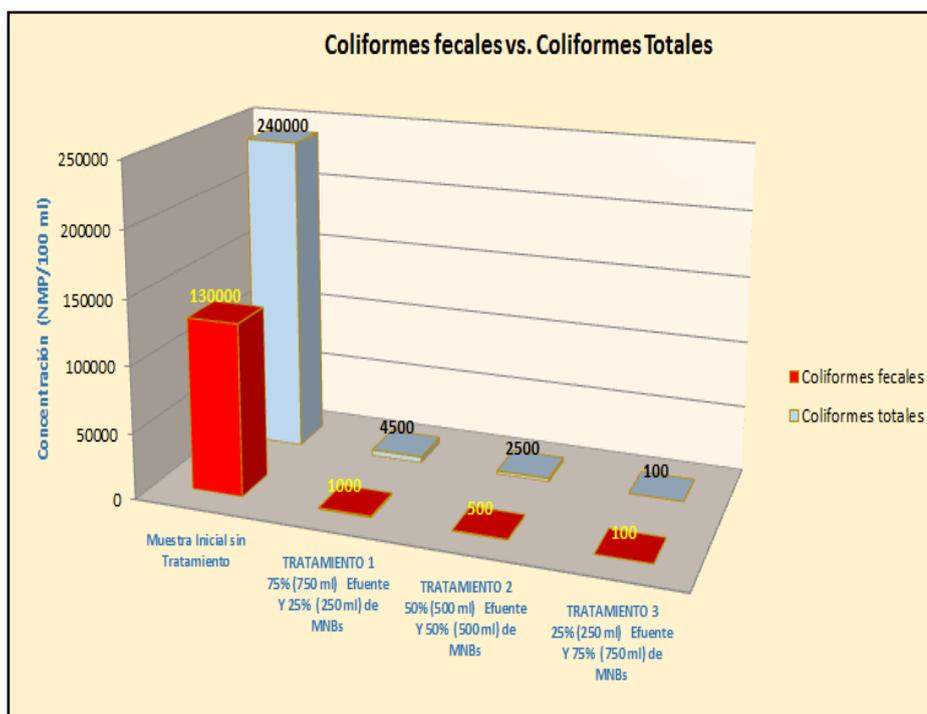
La muestra inicial de Demanda química de Oxígeno sin tratamiento tuvo una concentración inicial de 704 mg/L

En el tratamiento 1; se logró mejorar la concentración de Demanda química de Oxígeno a 200 mg/L

En el tratamiento 2; se logró mejorar la concentración de Demanda química de Oxígeno a 100 mg/L

En el tratamiento 3; se logró mejorar la concentración de Demanda química de Oxígeno a 35 mg/L

### 3.4. Respondiendo al Objetivo General



**Figura 34:** Comportamiento de los coliformes fecales y totales con respecto a los tratamientos con micro-nanoburbujas

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 34, se trabajó con una muestra inicial para coliformes con una concentración de 240000 NMP/100mL para coliformes totales y 130000 NMP/100mL para coliformes Fecales; posteriormente se realizó tres tratamientos con micro-nanoburbujas de aire-ozono a diferentes concentraciones, donde se determinó que se reduce la concentración de coliformes, después que se aplicó la técnica

En el tratamiento 1; se logró reducir la concentración de coliformes fecales a 1000 NMP/100mL y coliformes totales 4500 NMP/100mL, lo cual se evidenció, que reducción de la concentración de coliformes.

En el tratamiento 2; se logró reducir la concentración de coliformes fecales a 500 NMP/100mL y coliformes totales 2500 NMP/100mL, evidenciando que si existe reducción.

En el tratamiento 3; se logró reducir la concentración de coliformes fecales a 100 NMP/100mL y coliformes totales 100 NMP/100mL, donde se evidenció que si existe reducción.

### 3.5. Prueba Estadística

#### 3.5.1 Prueba de normalidad:

a) Primero se utiliza la prueba de normalidad con el objetivo de identificar el comportamiento de los resultados.

Hipótesis:

Ho: los resultados biológicos (coliformes totales y fecales) tienen una distribución normal.

Ha: los resultados biológicos (coliformes totales y fecales) NO tienen una distribución normal.

**Nivel de significación = 0.05**

Como la muestra es pequeña ( $n < 30$ ) se utiliza la prueba de **shapiro wilk**.

**Tabla 12:** Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coliformes_fecales	,439	4	.	,635	4	0,002
Coliformes_totales	,435	4	.	,644	4	0,002

a. Corrección de la significación de Lilliefors

**Fuente:** Elaboración propia

Criterio de decisión: Como Sig. = 0.002 es menor que el nivel de significación (0.05), se rechaza la hipótesis nula (Ho).

✓ **Interpretación:**

A un nivel de significancia del 5%, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, es decir los resultados biológicos (coliformes totales y fecales) no tienen una distribución normal. **Como los resultados microbiológicos no tienen distribución normal se aplica pruebas no paramétricas.**

**b)** Posteriormente se formuló hipótesis estadística para los resultados Microbiológicos:

Hipótesis nula (Ho): Las medias de los resultados biológicos no son diferentes

$$(\mu_{Inicial} = \mu_{Tratamiento\ 1} = \mu_{Tratamiento\ 2} = \mu_{Tratamiento\ 3})$$

Hipótesis Alternativa (Ha): Alguna media de los resultados microbiológicos es diferente de las demás.

$$(Al\ menos\ un\ \mu_i \neq \mu_j)$$

Nivel de significancia = 0.05

**Tabla 13:** Prueba de Friedman para muestras relacionadas

	N	<b>Estadísticos descriptivos</b>			
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Tratamiento microbiológico	8	2,5000	1,19523	1,00	4,00
	8	47337,5000	89921,44091	100,00	240000,00

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 14:** Estadístico de contraste

<b>Estadístico de contraste<sup>a</sup></b>	
N	8
Chi-cuadrado	8,000
gl	1
Sig. asintót.	0,005
a. Prueba de Friedman	

**Fuente:** Elaboración propia

✓ **Criterio de decisión:**

Como Sig. = 0.005 es menor que el nivel de significación (0.05), se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).

**Análisis:** A un nivel de significancia del 5%, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, es decir que alguna media de los resultados microbiológicos es diferente de las demás.

*(Al menos un  $\mu_i \neq \mu_j$ )*

Como se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa se concluye que los resultados microbiológicos de las repeticiones son menores al resultado microbiológico inicial. Con esto también se puede afirmar que se cumple con el objetivo general, que es reducir los coliformes fecales y totales.

#### IV. DISCUSIÓN

- Según TORRES, et al., (2015) en su investigación "Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en CarapongoLurigancho" logró remover 84% para el DBO, 89% para Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes, y 77% para turbiedad.
- De Los resultados obtenido en este estudio titulado "Reducción de coliformes mediante micro-nano burbujas de aire-ozono en las aguas residuales domésticas del distrito de Carhuaz -Ancash 2016", se encontró una eficiencia de reducción de coliformes totales 99,01% y coliformes fecales 99,58%, a comparación a lo mencionado por TORRES, et al., (2015), así mismo se logra observar que la reducción de coliformes en la presente investigación es mayor.
- CALDERÓN (2014), con su tesis de maestría "Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias" logró remover 97% de remoción de sólidos sedimentables y DBO<sub>5</sub> de 57 %. También se observó una eficiencia de 94% de remoción de sólidos sedimentables y DQO del 47%, a un período de retención de 11,28 horas.
- De esta forma también se evidencia que, existe mejora de los parámetros parámetros químicos de DBO<sub>5</sub> en 80.7692% y DQO en 80.7692%, con lo que se puede afirmar que las micro-nano burbujas de aire-ozono no solo eliminan coliformes, sino que también permiten tratar otros parámetros.
- De la misma manera BACA (2012), en su tesis "Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona" removi6 SST en un 90.90%, DBO<sub>5</sub> en un 90.71%, y Coliformes fecales en un 99,9 %. Donde logró obtener mejores resultados de tratamiento con humedales ya que emplea mayor tiempo para tratar los efluentes domésticos, sin embargo en mi investigación manejamos

se trabajó con 6 y 20 minutos para tratar los efluentes domésticas y así obtuvimos resultados altos.

## V. CONCLUSIONES

- Se concluye en la investigación que existe reducción de coliformes fecales y totales presentes en las aguas residuales domésticas, ya que la concentración inicial Coliformes fecales fue 130000 NMP/100mL y coliformes totales 240000 NMP/100mL, luego de aplicar las micro-nanoburbujas de aire-ozono, se redujo la concentración de coliformes; en el Tratamiento 1, la reducción fue de 1000 y 4500 NMP/100mL, en el Tratamiento 2, la reducción fue 500 y 2500 NMP/100mL, en el Tratamiento 3, la reducción fue a 100 NMP/100mL y 100 NMP/100mL.
- Se logró evaluar la eficiencia de reducción de coliformes fecales y totales en aguas residuales domésticas, mediante la aplicación de micro-nano burbujas de aire-ozono, empleando el generador de micro-nanoburbujas con un caudal de agua de 4,67 L/min y una presión de la mezcla aire-ozono de 90 PSI, logrando una eficiencia de reducción de coliformes totales 99,01% y coliformes fecales 99,58%
- Antes de emplear la técnica, y hacer la comparativa con el ECA DS-015-2015 MINAM categoría 3 , se evidencio que la muestra inicial estaba fuertemente contaminada superando así el ECA, después de aplicar las micro-nanoburbujas de aire-ozono; mejoran las características microbiológicas ;en el tratamiento 1, para coliformes fecales la concentración fue de 1000 NMP/100mL lo cuan estaba por debajo del ECA, para coliformes totales 4500 NMP/100mL, por lo que se encuentra por debajo de ECA categoría 3. En el tratamiento 2, para coliformes fecales la concentración fue de 500 NMP/100mL lo cuan se por debajo del ECA, para coliformes totales 2500 NMP/100mL, por lo que se encontró por debajo del ECA categoría 3. En el tratamiento 3, para coliformes fecales la concentración fue de 100 NMP/100mL al igual que para coliformes totales, por lo ambos parámetros en este tratamiento se encontraban por debajo de ECA categoría 3.

- Con respecto a los parámetros físicos y químicos se observó que fue posible la mejora estos parámetros, después haber aplicado la técnica; Las concentraciones iniciales fueron; pH 7.17, Turbiedad de 128 UNT, la temperatura en campo es de 15.80°C, Oxígeno Disuelto 3.66 mg/L, Conductividad Eléctrica 288 us.cm<sup>-1</sup>, Sólidos Totales suspendidos de 246 mg/L DBO<sub>5</sub> de 342 mg/L, DQO 704 mg/L. En el TRATAMIENTO 1; las concentraciones fueron ; el pH 6.8, Turbiedad 55.6 UNT, la temperatura en laboratorio 24.9°C, Oxígeno Disuelto se incrementó a 5.33 mg/L, Conductividad Eléctrica se incrementa a 603 us.cm<sup>-1</sup>, Sólidos Totales suspendidos se reducen a 89 mg/L, Para DBO<sub>5</sub> a 123 mg/L, DQO 200 mg/L. En el TRATAMIENTO 2; el pH 7.32, Turbiedad 44.6 UNT, la temperatura 25.3°C, el Oxígeno Disuelto 7.21 mg/L, Conductividad Eléctrica 761 us.cm<sup>-1</sup>, Sólidos Totales suspendidos 51 mg/L, DBO<sub>5</sub> 45 mg/L, DQO 100 mg/L. En el TRATAMIENTO 3; el pH varia ligeramente a 7.62, Turbiedad 29 UNT, la temperatura en laboratorio 25.7°C, el Oxígeno Disuelto 7.73 mg/L, Conductividad Eléctrica se incrementó a 872 us.cm<sup>-1</sup>, Sólidos Totales suspendidos 46 mg/L, DBO<sub>5</sub> de 10 mg/L, DQO 35 mg/L.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras investigaciones al aplicar las micro-nanoburbujas de aire-ozono, no trabajarlas por dilución si no realizar sistemas continuos de 30 min y 1 hora, para eliminar completamente los microorganismos y mejorar otros parámetros.
- Es recomendable para tener mejores características físicas del efluente, realizar más pruebas; es decir un mínimo de 10 pruebas por parámetro para evidenciar mejor el poder de acción de las micro-nanoburbujas, y además se manejen mayores tiempos de tratamiento para obtener mejores resultados en el tratamiento
- Se recomienda trabajar las muestras de agua residual doméstica y cualquier otro tipo agua residual con pH ácido, además hacer una titulación adecuada para ver la relación más óptima entre conductividad y pH, para así tener un tratamiento más efectivo.
- Se recomienda para futuras investigaciones, hacer pruebas con otros gases como dióxido de carbono y Nitrógeno para ver la respectiva eficiencia las micro-nano burbujas
- Se recomienda tener vasos precipitados, adecuados para poder tomar las muestras y posteriormente ser analizados , ya que cuando se aplica las micro-nanoburbujas, los contaminantes precipitan y quedan en suspensión, por ende la parte tratada es la central del vaso precipitado , es por ello que se tiene que tener un orificio por el medio. Así realizar un pre tratamiento al efluente que tenga para reducir las impurezas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales doméstica. Lima Perú. 2016.  
[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual\\_de\\_buenas\\_practicas\\_para\\_el\\_uso\\_seguro\\_y\\_productivo\\_de\\_las\\_aguas\\_residuales\\_domesticas.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf).

ASHUTOSH, A., WUN, J. y YU Liu. Principio y aplicación de la tecnología de micro y nanoburbujas para el tratamiento del agua. *Revista Chemosphere* [en línea]. 2011, vol. 84, no 1. [fecha de consulta: 08 de junio 2016].

Disponible en inglés:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511006242>

BACA Neglia, Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona. [en línea]. Tesis de maestría. Callao, Perú: Universidad Nacional del callao, 2012. [consulta: 21 de Mayo de 2016].

Disponible en:

[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/unac/185/1/baca\\_nm.pdf](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/unac/185/1/baca_nm.pdf)

BENITEZ. Federico. Cuido el agua. Niveles de Tratamiento de aguas residuales [en línea] [Consultado: 27 de noviembre 2016].

Disponible en:

<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/nivelestratamiento.html>

CALDERÓN, José y BEUTELSPACHER, Erwin. Diseño y construcción de un generador de ozono para aplicaciones de purificación de agua. [en línea]. Tesis doctoral. Centro nacional de investigación y desarrollo tecnológico, México, 2005. [consulta: 22 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/MK%20Jose%20Maria%20Calderon%20Ancona%202005.pdf>

CALDERÓN, Paúl. Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias. [en línea]. Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2014. [Consulta: 07 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://docplayer.es/13176820-Evaluacion-de-la-eficiencia-de-biodigestorcomercial-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-domiciliarias-ing-paul-alberto-calderon-de-leon.html>

CHAPLIN, Martin. Nanobubbles (ultra fine bubbles). [consulta: 22 de Mayo de 2016].

Disponible en: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/nanobubble.html>

CONTRERAS, Luis y CAJAMARCA, Byron. Control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del cantón cuenca, a través de microorganismos indicadores [en línea]. Tesis de de Pregrado. Universidad de Cuenca, Ecuador, 2011. [consulta: 30 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2450>

Evidencia de la existencia y estabilidad de nanoburbujas en el agua por Fernanda Yumi Ushikuboa [et al]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [en línea]. Mayo de 2010, Vol. 361, no. 1. [fecha de consulta: 10 junio 2016].

Disponible en inglés:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775710001779>

GARCIA, Jenny. Efecto del uso de plantas y configuración de los sistemas en la remoción de organismos patógenos mediante el uso de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en condiciones tropicales. [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Tecnológica De Pereira, Pereira, 2014. [Consulta: 07 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2118/1/333918G216.pdf>

GALARZA, G. 2012. Novedoso sistema recupera humedal Santa Rosa. *El Comercio*: Lima, Perú, 31 julio 2012, p. A14.

Guillermo Figueroa. Home page. [consulta: 29 de Julio 2016]. Disponible en: <http://chilealimentosinocuos.blogspot.pe/2007/07/nano-burbujas-de-ozono-para-esterilizar.html>

GARCIA, Zarela. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales doméstica [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2012. [consulta: 15 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6495/62910%20MARTINEZ%20NAVARRO,%20BRENDA%20%20TESIS.pdf?sequence>

KHUNTIA S., KUMAR, S. Purificación de aguas residuales servidas por microburbujas de aire: Una reseña. *Chemical Engineering*, [en línea]. 2012, vol. 28, no. (4-6). [fecha de consulta: 15 de setiembre de 2016].

Disponible en inglés:

<https://www.researchgate.net/publication/270483031>

MARILAÑERA, Alejandro. Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias [en línea]. Junio 2010 [fecha de consulta: 10 Junio 2016].

Disponible: [http://www.ilpla.edu.ar/manual\\_sistemas\\_tratamiento.pdf](http://www.ilpla.edu.ar/manual_sistemas_tratamiento.pdf)

ISBN-10: 987-23109-0-4

MARTÍNEZ NAVARRO, Brenda. *Tratamiento Terciario de Agua Residual Doméstica Mediante el Uso de un Humedal a Diferentes Tiempos de Retención Hidráulica* [en línea]. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Agrobiología. Universidad autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico, 2014. [consulta: 06 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6495/62910%20MARTINEZ%20NAVARRO,%20BRENDA%20%20TESIS.pdf?sequence>

Método de desinfección con micro-burbujas de ozono para el sistema de reutilización de aguas residuales por Sumikura M. [et al]. *Revista electrónica Water Science & Technology* [en línea]. 2007, vol. 56, no 5. [fecha de consulta: 3 Octubre 2016]

Disponible en:

<http://wst.iwaponline.com/content/56/5/53>

OEFA. Fiscalización Ambiental en aguas residuales. Lima, Perú, 1.abril. 2014.

[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

OLEA, Rosa. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Coatepec, Veracruz. [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Veracruzana, Veracruz, 2013. [ consulta: 07 de Mayo de 2016].

Disponible en:

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33930/1/oleamadrugarosa.pdf>

PERÚ. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Estándares de calidad ambiental para agua, p. 7. Julio 2008

PERÚ. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, 17 mar. 2010.

PERÚ. Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reusó de aguas residuales tratadas, 31 de mayo 2013, núm 224, p 9.

RAMALHO, Rubens. Tratamiento de aguas residuales [en línea]. 2a. ed. Barcelona: Editorial Reverté S.A, 1996 [fecha de consulta: 18 junio 2016].

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 82-291-7975-5

RIASCOS, Denny. Efecto del tipo de flujo en la cinética de remoción de Organismos indicadores de contaminación bacteriológica en Humedales construidos sembrados con papiro (cyperus, sp) Usando agua residual doméstica proveniente de la planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas de la U.T.P. [en línea]. Tesis de título. Universidad Tecnológica De Pereira, Pereira, 2014. [consulta: 08 de Mayo de 2016].

Disponible en web:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3974/1/333918R481.pdf>

SAINZ Sastre, Tecnologías para la sostenibilidad. [en línea] Madrid: Fundación EOI, 2005 [fecha de consulta: 4 Octubre 2016].

Disponible en:

[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48657/componente48655.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48657/componente48655.pdf)

ISBN: 978-84-88723-58-1

SUNASS. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento. Lima, Perú: SUNASS. 2015.

TORRES, Jocelyn, MAGNO Vargas y PINEDA Raquel. Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus papyrus* y *Phragmites australis*, en Carapongo-Lurigancho .*Revista: Ciencia, Tecnología y desarrollo* [en línea]. Vol. 1, no 2. [fecha de consulta: 20 setiembre 2016]

Disponible en:

[http://ocs.upeu.edu.pe/index.php/ivjornada/ivjornada\\_fia/paper/view/1226](http://ocs.upeu.edu.pe/index.php/ivjornada/ivjornada_fia/paper/view/1226)

ISSN: 2313 – 7991

TSUGE, Hideki. Fundamentos y aplicaciones de las micro y nanoburbujas Micro- and nanobubbles. 1° ed. EE.UU: Pan Stanford Publishing. 2014. 352 p.

ISBN 978-981-4463-10-2

VALVERDE, Jhonny. Nanotecnología para Ingeniería ambiental. En: I Congreso Internacional de Ingeniería ambiental en tecnologías ambientales: 6 a 11 de octubre. Lima, 2016, pp. 26.

Win2sol. Micro/Nano burbujas [sitio de Internet]. [Consultado 18 octubre 2016].

Disponible en:

<http://win2solholdings.com/micronano-burbujas/>

YUMI, Ushikubo F. Los estudios fundamentales sobre el estado del agua con la generación de micro y nanoburbujas. de Doctorado. Tokio, Japón: Universidad de Tokio, Facultad de Agricultura y Ciencias de la Vida, Departamento de Ingeniería Ambiental y Biológica, 2010.

Disponible en inglés:

[http://repository.dl.itc.utokyo.ac.jp/dspace/bitstream/2261/37434/1/39\\_077094.pdf](http://repository.dl.itc.utokyo.ac.jp/dspace/bitstream/2261/37434/1/39_077094.pdf)

## ANEXOS

**Anexo 1:** Estándares de calidad ambiental para el agua categoría III. Parámetros físicos y biológicos

### ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO			
PARAMETROS	UNIDAD	VALOR	
<b>Fisicoquímicos</b>			
Bicarbonatos	mg/L	370	
Calcio	mg/L	200	
Carbonatos	mg/L	5	
Cloruros	mg/L	100-700	
Conductividad	(uS/cm)	<2 000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruros	mg/L	1	
Fosfatos - P	mg/L	1	
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10	
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	0,06	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4	
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	
Sodio	mg/L	200	
Sulfatos	mg/L	300	
Sulfuros	mg/L	0,05	
<b>PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES:</b>			
PARAMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	huevos/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente

**Fuente:** Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

**Anexo 2:** Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**Fuente:** Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM







## Anexo 6: Resultado de Punto de muestreo- 02 (Agua residual doméstica antes del inicial)



### LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065

#### INFORME DE ENSAYO AG160384

**CLIENTE** Razón Social : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
 Dirección : Av. Progreso N° 392  
 Atención : Rudy Emerson Cruz Pascacio  
**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual Doméstica de la Descarga  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Descarga de Agua Residual Doméstica, Distrito de Carhuaz, Provincia de Carhuaz - Ancash  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160323  
**MUESTREO** Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM<sup>1</sup>  
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 26/Mayo/2016  
 Fecha de análisis : 26/Mayo/2016 - 02/Junio/2016  
 Cotización N° : CO160403

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PM - 02
					Fecha de muestreo	26/05/2016
					Hora de muestreo	11:36
					Código del Laboratorio	AG160417
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> B.-Versión 2012 (*)	.....		7.49
SM16	Temperatura (en campo)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		15.80
SM17	Turbiedad (en campo)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01		122.00
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ12	Conductividad <sup>2</sup> (en laboratorio)	µS.cm <sup>-1</sup>	APHA 2510 B -Versión 2012	.....		241
FQ28	Sólidos totales disueltos	mg/l	APHA 2540 C (*)	1		143
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		44
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		52
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		137
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS					
CM03	Coliformes totales	NMP/100 ml	APHA 9221 B (**)	< 2		750000
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (**)	< 2		430000

(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>1</sup> El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

<sup>2</sup> Resultados reportados a 25 °C.

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22<sup>nd</sup> Edition-2012

NOTA:

I. Tiempos de perecibilidad de las muestras:

a) Conductividad = 28 días



Quím. Mario Leyva Collas  
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

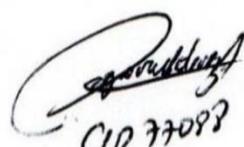
Huaraz, 02 de Junio de 2016

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

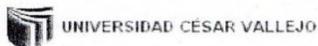
Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

**Anexo 7: Ficha de control y análisis de la muestra**

PARÁMETRO	UNIDAD	PRE- TEST	POST- TEST		
		INICIAL	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
			75% (750 mL) efuente y 25% (250 mL) de MNBs	50% (500 mL) efuente y 50% (500 mL) de MNBs	25% (250 mL) Efuente y 75% (750 mL) de MNBs
<b>FÍSICOS y QUÍMICOS</b>					
pH					
Turbiedad	UNT				
Temperatura	°C				
conductividad eléctrica	us.cm <sup>-1</sup>				
Oxígeno Disuelto	mg/L				
Sólidos Totales en suspensión	mg/L				
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>					
Coliformes fecales	NMP/100 mL				
Coliformes totales	NMP/100 mL				
<b>QUÍMICOS</b>					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L				
Demanda Química de Oxígeno	mg/L				
Revisado por:		Revisado por:		Revisado por:	
 		 CIP 77083		 CIP. 89972	

## Anexo 8: Validación de Instrumento 1



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Pavlov Roberto Aro Cordie  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coor. Proj. Social E.S.P. Zepherino  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Rudely Emerson Cez. Passaro

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

10/10

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

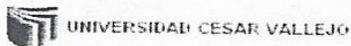
100 %

Lima, 17 Junio del 2016

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 1062927 Telf. 99 3084400

## Anexo 9: Validación de Instrumento 2



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ SANCHEZ, Juan Julio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHAS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: RUDY CRUZ PASCAJO

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

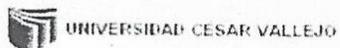
90 %

Lima, 17 de Junio del 2016

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 88447308 ..... 5281648

## Anexo 10: Validación de Instrumento 3



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: LORGIO VALDIVIEZO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHAS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: RUOY CRUZ PASCACIO

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

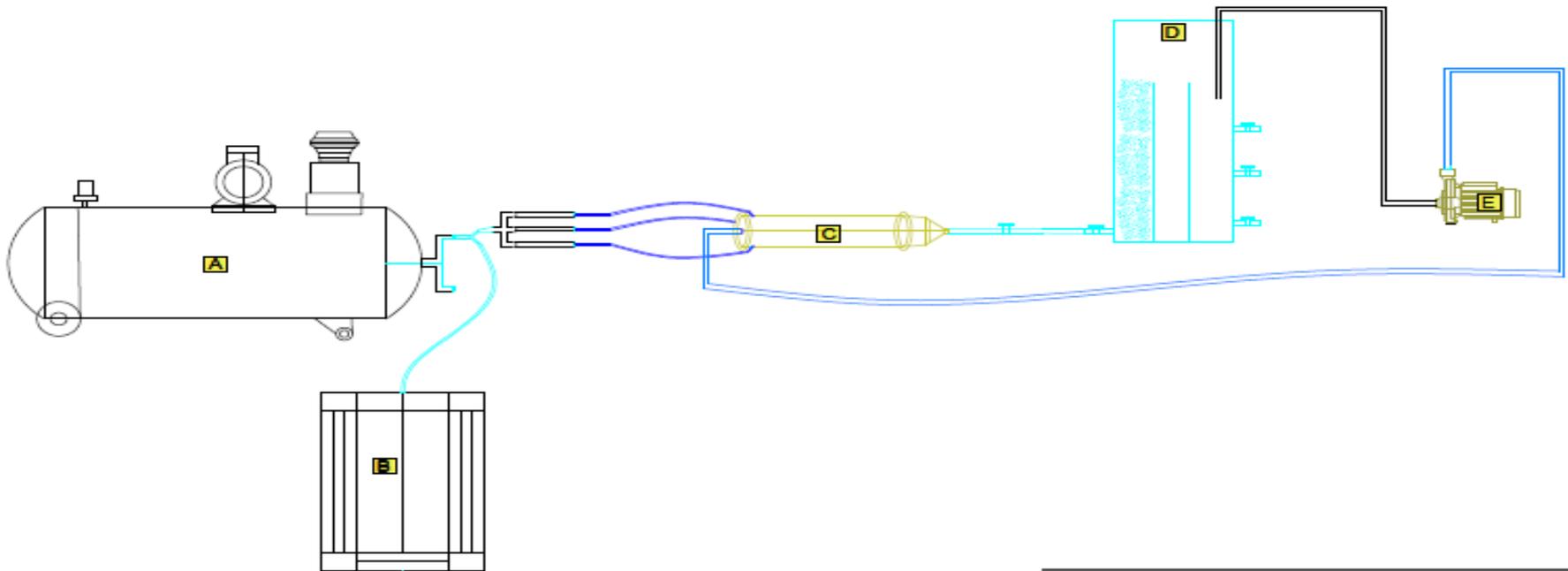
Lima..... del 2016

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No 40523063 Telf:.....

Anexo 11: Sistema para generar las micro-nanoburbujas de aire-ozono

## SISTEMA PARA APLICAR LAS MICRO-NANO BURBUJAS



MATERIALES	
A	Compresora
B	Generador de Ozono
C	Equipo Nanotec-01
D	Contenedor
E	Bomba eléctrica de agua



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### SISTEMA DE APLICACIÓN DE LAS MICRO-NANO BURBUJAS

CURSO:  
DESARROLLO DE TESIS

DPTO.: **LIMA**  
PROV.: **LIMA**  
DATE.: **LOS OLIVOS**

ELABORADO POR:  
RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO

LAMINA N°:  
**PB-01**

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 12: Construcción y descripción de sistema para aplicar las micro-nanoburbujas

a)



b)



c)



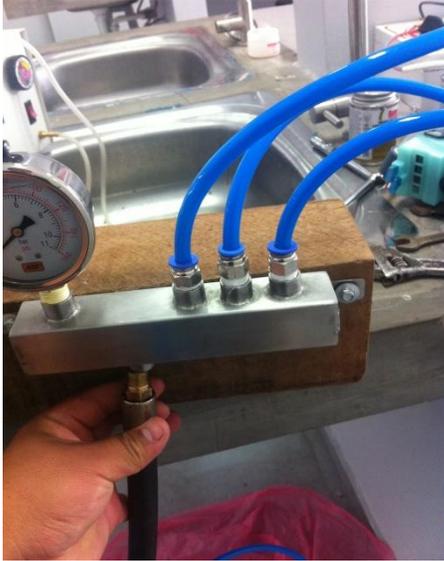
d)



Descripción:

a) En esta imagen se aprecia como se realizó el armado interno del generador de micro-nanoburbujas b) Se muestra el armado del recipiente de 51 L, con las 3 boquillas de ingreso y una salida. c) En esta imagen se puede apreciar cómo se instaló el flujometro d) Finalmente en esta imagen, se realizó el ajuste a las mangueras presurizadas a la compresora de 3.5 hp.

e)



f)



f)



Descripción:

e) Se muestra en esta imagen la conexión de la manguera desde la compresora hasta la válvula de aguja; la cual mediante una manija distribuye tres salidas de aire. f) En esta imagen se realizó la inyección de las 3 mangueras para el ingreso de aire g) Finalmente se apreciar el sistema para aplicar las micro-nanoburbujas.

## Anexo 13: Análisis de la muestra inicial de agua residual Doméstica, ARD-ST



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



### INFORME DE ENSAYO N° A2204/16

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO

**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz  
Departamento: Ancash

**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Domestica

Fecha de Muestreo : 11 - Diciembre - 2 016  
Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 12 - Diciembre - 2 016 / 05:40 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 12 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 1 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD - ST <sup>(b)</sup> (06:10 h)		
Coliformes Totales (35 °C)	24 x 10 <sup>4</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	13 x 10 <sup>4</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

Código: F79-PLAB.02  
Revisión: 00  
Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 10

## Anexo 14: Análisis de la muestra Tratada 1 y 2 de agua residual doméstica (ARD-TR1 y ARD-TR2)

	<b>Environmental Quality Analytical Services S.A.</b> <small>Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental</small>	<small>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 030</small>	
---	---	---	---

**INFORME DE ENSAYO N° A2204/16**

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María – HUACHO  
**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
 Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz  
 Departamento: Ancash  
**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Domestica  
 Fecha de Muestreo : 12 - Diciembre - 2 016  
 Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante  
 Fecha y Hora de Recepción : 12 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 12 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

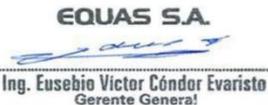
PARÁMETROS	2204 – 2 <sup>(a)</sup>	2204 – 3 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	ARD – TR1 <sup>(b)</sup> (14:51 h)	ARD – TR2 <sup>(b)</sup> (14:57 h)		
Coliformes Totales (35 °C)	45 x 10 <sup>2</sup>	25 x 10 <sup>2</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	10 x 10 <sup>2</sup>	50 x 10	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio                      <sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**  
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**  
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.



**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
Gerente General

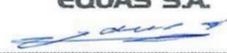


**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

---

Código: F79-P.LAB.02	Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte	
Revisión: 00	Telefonos: 548-4976 / 349-4050	e_mail: info@equas.com.pe
Fecha: 27-12-2 013		Página 2 de 10

## Anexo 15: Análisis de la muestra Tratada 3 de agua residual doméstica (ARD-TR3)

	<b>Environmental Quality Analytical Services S.A.</b> <small>Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental</small>	<small>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO          POR EL ORGANISMO PERUANO DE          ACREDITACION INACAL - DA CON          REGISTRO N° LE - 030</small>	
<b>INFORME DE ENSAYO N° A2204/16</b>			
<b>Solicitante</b> <b>Dirección</b>  <b>Procedencia</b>  <b>Matriz de la Muestra</b>  Fecha de Muestreo Responsable del Muestreo  Fecha y Hora de Recepción Fecha de Ejecución del Ensayo	<b>: RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO</b> <b>: San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO</b>  <b>: CENTRO POBLADO PATY</b> <b>Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz</b> <b>Departamento: Ancash</b>  <b>: Agua Residual Domestica</b>  : 12 - Diciembre - 2 016 : Personal técnico - Empresa solicitante  : 12 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h : 12 al 21 de Diciembre - 2 016		
Código Interno: L 2204/16			
<b>PARÁMETROS</b>	2204 – 4 <sup>(a)</sup>  ARD – TR3 <sup>(b)</sup> (15:01 h)	<b>Expresado en:</b>	<b>MÉTODOS DE ENSAYO</b>
Coliformes Totales (35 °C)	10 x 10	NMP/100 mL	<b>APHA 9221 B</b>
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	10 x 10	NMP/100 mL	<b>APHA 9221 E (Item 1)</b>
<small><sup>(a)</sup> Código de Laboratorio      <sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo</small>			
<b>REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-</b> <input type="checkbox"/> STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22 <sup>nd</sup> , Edic. APHA AWWA, WEF 2012.			
<b>ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-</b> <input type="checkbox"/> La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.			
Lima, 21 de Diciembre de 2 016.			
 <b>Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo</b> <small>Gerente General</small>			
<b>Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.</b> <small>Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.          Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.          El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.</small>			
Código: F79-P.LAB.02 Revisión: 00 Fecha: 27-12-2 013	Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte Telefonos: 548-4976 / 349-4050    e_mail: info@equas.com.pe		Página 3 de 10

**Anexo 16:** Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica (ARD-C1) y agua Tratada 1 agua (ARD-C2)



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



**INFORME DE ENSAYO N° A2204/16**

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María – HUACHO

**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz  
Departamento: Ancash

**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Domestica

Fecha de Muestreo : 12 - Diciembre - 2 016  
Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 12 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 12 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 5 <sup>(a)</sup>	2204 – 6 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD – C1 <sup>(b)</sup> (06:12 h)	ARD – C2 <sup>(b)</sup> (15:30 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20 °C)	342	200	mg DBO/L	APHA 5210 B

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Cóndor Evaristo  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

Código: F79-P.LAB.02

Revisión: 00

Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Telefonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 4 de 10

**Anexo 17: Análisis de la muestra de agua residual doméstica tratada 3 (ARD-C3) y tratada 4 (ARD-C4)**



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



**INFORME DE ENSAYO N° A2204/16**

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO

**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
**Distrito:** Carhuaz – **Provincia:** Carhuaz  
**Departamento:** Ancash

**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Domestica

Fecha de Muestreo : 12 - Diciembre - 2 016  
 Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 12 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 12 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 7 <sup>(a)</sup>	2204 – 8 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD – C3 <sup>(b)</sup> (15:42 h)	ARD – C4 <sup>(b)</sup> (15:48 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20 °C)	45	20	mg DBO/L	APHA 5210 B

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
 Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

Código: F79-P.LAB.02  
 Revisión: 00  
 Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
 Telefonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 5 de 10

**Anexo 18:** Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica (ARD-Q1) y agua Tratada 1 agua (ARD-Q2)



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



**INFORME DE ENSAYO N° A2204/16**

**Solicitante :** RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección :** San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO

**Procedencia :** CENTRO POBLADO PATY  
**Distrito:** Carhuaz – **Provincia:** Carhuaz  
**Departamento:** Ancash

**Matriz de la Muestra :** Agua Residual Domestica

Fecha de Muestreo : 11 - Diciembre - 2 016  
Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 13 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 13 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 9 <sup>(a)</sup>	2204 – 10 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD – Q1 <sup>(b)</sup> (06:10 h)	ARD – Q2 <sup>(b)</sup> (09:50 h)		
Demanda Química de Oxígeno	704	200	mg DQO/L	APHA 5220 D

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Córder Evaristo**  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

Código: F79-P.LAB.02  
Revisión: 00  
Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 6 de 10

**Anexo 19: Análisis de la muestra de residual doméstica tratada 3 (ARD-Q3) y agua Tratada 4 agua (ARD-Q4)**



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



**INFORME DE ENSAYO N° A2204/16**

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María – HUACHO

**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz  
Departamento: Ancash

**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Domestica

Fecha de Muestreo : 12 - Diciembre - 2 016  
Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 13 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 13 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 11 <sup>(a)</sup>	2204 – 12 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD – Q3 <sup>(b)</sup> (10:00 h)	ARD – Q4 <sup>(b)</sup> (10:05 h)		
Demanda Química de Oxígeno	100	35	mg DQO/L	APHA 5220 D

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-PLAB.02

Revisión: 00

Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Telefonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 7 de 10

## Anexo 20: Análisis de la muestra inicial de agua residual doméstica (ARD-S01)



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE-030



### INFORME DE ENSAYO N° A2204/16

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO

**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz  
Departamento: Ancash

**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Domestica

Fecha de Muestreo : 11 - Diciembre - 2 016  
Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 13 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 13 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 13 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD – S01 <sup>(b)</sup> (05:20 h)		
Sólidos Totales Suspendidos (103 °C)	246	mg/L	APHA 2540 D

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02  
Revisión: 00  
Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 8 de 10

## Anexo 21: Análisis de la muestra de agua residual doméstica tratada 1 (ARD-S02)

 <p><b>Environmental Quality Analytical Services S.A.</b> Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 030</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayos Acreditado Registro N° LE - 030</p>										
<b>INFORME DE ENSAYO N° A2204/16</b>												
<p><b>Solicitante</b> : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO <b>Dirección</b> : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO</p> <p><b>Procedencia</b> : CENTRO POBLADO PATY Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz Departamento: Ancash</p> <p><b>Matriz de la Muestra</b> : Agua Residual Doméstica</p> <p>Fecha de Muestreo : 13 - Diciembre - 2 016 Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante</p> <p>Fecha y Hora de Recepción : 13 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h Fecha de Ejecución del Ensayo : 13 al 21 de Diciembre - 2 016</p>												
Código Interno: L 2204/16												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PARÁMETROS</th> <th style="text-align: center;">2204 – 14 <sup>(a)</sup></th> <th rowspan="2">Expresado en:</th> <th rowspan="2">MÉTODOS DE ENSAYO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">ARD – S02 <sup>(b)</sup> (11:20 h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sólidos Totales Suspendidos (103 °C)</td> <td style="text-align: center;">89</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">APHA 2540 D</td> </tr> </tbody> </table>	PARÁMETROS	2204 – 14 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO	ARD – S02 <sup>(b)</sup> (11:20 h)	Sólidos Totales Suspendidos (103 °C)	89	mg/L	APHA 2540 D			
PARÁMETROS		2204 – 14 <sup>(a)</sup>			Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO						
	ARD – S02 <sup>(b)</sup> (11:20 h)											
Sólidos Totales Suspendidos (103 °C)	89	mg/L	APHA 2540 D									
<p><sup>(a)</sup> Código de Laboratorio                      <sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo</p>												
<p><b>REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-</b>  <input type="checkbox"/> STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.</p> <p><b>ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-</b>  <input type="checkbox"/> La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.</p>												
<p>Lima, 21 de Diciembre de 2 016.</p>												
 <p><b>EQUAS S.A.</b> Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo Gerente General</p>												
<p><b>Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.</b>          Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.          Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.          El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento</p>												
<p>Código: F79-P.LAB.02 Revisión: 00 Fecha: 27-12-2 013</p>	<p>Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe</p>		<p>Página 9 de 10</p>									

**Anexo 22: Análisis de la muestra de agua residual doméstica tratada 2 (ARD-S03) y tratada 3 (ARD-S04)**



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



**INFORME DE ENSAYO N° A2204/16**

**Solicitante** : RUDY EMERSON CRUZ PASCACIO  
**Dirección** : San Antonio Mz "B1" lote 4, Santa María - HUACHO

**Procedencia** : CENTRO POBLADO PATY  
Distrito: Carhuaz – Provincia: Carhuaz  
Departamento: Ancash

**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Doméstica

Fecha de Muestreo : 13 - Diciembre - 2 016  
Responsable del Muestreo : Personal técnico - Empresa solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 13 - Diciembre - 2 016 / 08:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 13 al 21 de Diciembre - 2 016

Código Interno: L 2204/16

PARÁMETROS	2204 – 15 <sup>(a)</sup>	2204 – 16 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	ARD – S03 <sup>(b)</sup> (11:25 h)	ARD – S04 <sup>(b)</sup> (12:00 h)		
Sólidos Totales Suspendidos (103 °C)	51	46	mg/L	APHA 2540 D

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 21 de Diciembre de 2 016.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
Gerente General!



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.**

*Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.*

*Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

*El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.*

Código: F79-P.LAB.02  
Revisión: 00  
Fecha: 27-12-2 013

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 10 de 10

### Anexo 23: Matriz de Consistencia

OPERACIONALIZACIÓN							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALAS DE MEDICIÓN	
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>  Micro-nano burbujas de aire-ozono	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Tamaño de la micro-nanoburbuja ( μm.)	Intervalo	
¿En qué medida la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio reducirán los coliformes totales y fecales en las aguas residuales domésticas del distrito de Carhuaz -Ancash 2016?	Reducir los coliformes fecales y coliformes totales mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio, en las aguas residuales domésticas del distrito Carhuaz- Ancash 2016	La aplicación de micro-nano burbujas de aire-ozono en laboratorio reducirán los coliformes totales y fecales presentes en las aguas residuales domésticas del distrito de Carhuaz -Ancash 2016			Flujo (L/s)	Razón	
					Tipos Gases( Aire, Ozono)	Nominal	
					Presión (PSI)	Razón	
					Velocidad lenta de Ascenso (cm/h)	Razón	
					Presión Interna de micro-nanoburbujas (atm)	Razón	
					Tiempo de tratamiento (min)	Razón	
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis Específicas:</b>			<b>DEPENDIENTE</b>  Aguas residuales domésticas con Coliformes totales y fecales	FÍSICOS	% Eficiencia
¿Cuál es eficiencia de recuccion de coliformes (fecales y totales) en aguas residuales doméstica mediante la aplicación de micro-nano burbujas de aire-ozono en laboratorio?	Determinar la eficiencia de reducción de coliformes (fecales y totales) en aguas residuales doméstica mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio	Es eficiente la reducción de coliformes (fecales y totales) en aguas residuales domésticas mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio	pH	Intervalo			
¿Cuáles son las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en las que se encuentran las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nanoburbujas aire-ozono, con respecto al ECA?	Comparar las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en las que se encuentran las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio, con respecto al ECA	Las características microbiológicas (coliformes fecales y totales) en las que se encuentran las aguas residuales doméstica después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono se adecuan al ECA	temperatura (°C)	Razón			
			Oxígeno Disuelto (mg/L)	Razón			
			Conductividad eléctrica (uS/cm <sup>-1</sup> )	Intervalo			
			Turbiedad(UNT)	Razón			
			Sólidos totales suspensión (mg/L)	Razón			
¿En qué medida las condiciones físicas (turbiedad, OD, CE SST, pH, T) y químicas (DBO <sub>5</sub> y DQO) de las aguas residuales domésticas mejorarán después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio?	Valorar la mejora de las condiciones físicas ( turbiedad, OD,CE SST, pH, T) químicas (DBO <sub>5</sub> y DQO) en las aguas residuales domésticas después de la aplicación de las micro-nano burbujas de aire-ozono en laboratorio	Las condiciones físicas( turbiedad, OD,CE SST, pH, T) y químicas (DBO <sub>5</sub> Y DQO) de las aguas residuales domésticas mejoran después de la aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono en laboratorio	QUÍMICO	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)			Razón
				Demanda Química de Oxígeno (mg/L)			Razón
			MICROBIOLÓGICO S	Coliformes fecales ( NMP/100 mL)			Intervalo
Coliformes totales (NMP/100 mL)	Intervalo						

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 24: Medición de las micro-nanoburbujas



**MAXCORP Technologies s.a.c**

*Profesionales en equipos y servicios para la Producción Animal*

Lima, 17 de febrero de 2017

### REPORTE DE MEDICIÓN

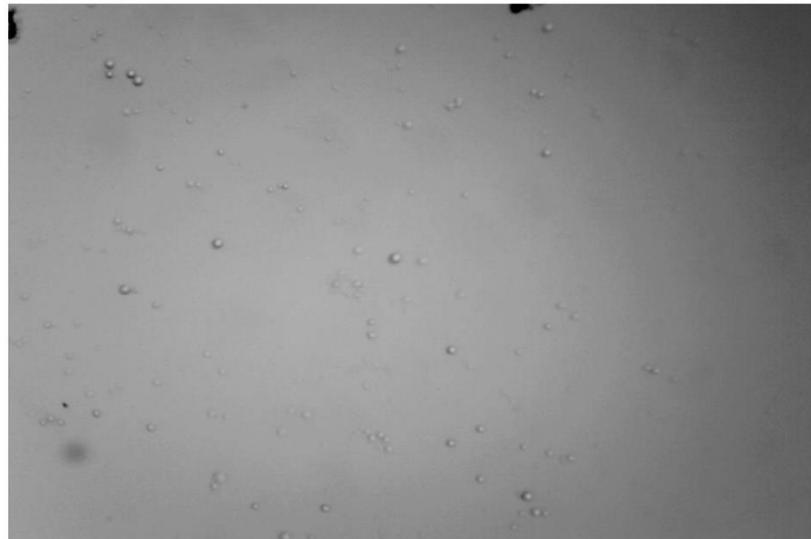
Presente.

Atención: **Jhonny Wilfredo Valverde Flores**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, así mismo le hacemos llegar el reporte de medición de diámetros de las burbujas encontradas como sigue.

1. Se añadió a un portaobjetos 03 gotas de la muestra suministrada con un gotero de vidrio.
2. Se expuso la muestra a un microscopio óptico con cámara digital, obteniendo 05 imágenes con un aumento de 40X.



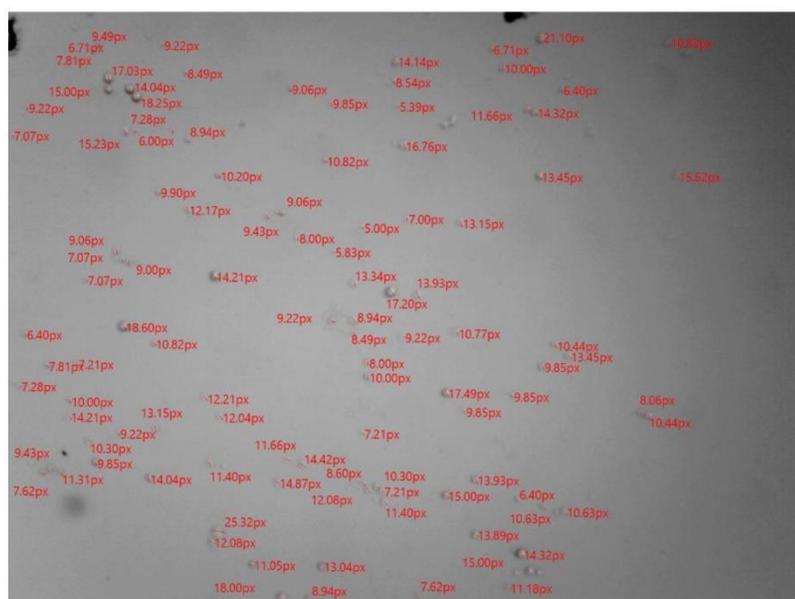
3. El equipo se calibro con una muestra patrón de 30 micras, obteniendo una escala de:  $1px=0.625\mu m$ .

**MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C RUC: 20600023901**  
DIRECCIÓN: CA. FELIPE DE ZELA 796 OFIC. 302 URB. LOS FICUS SANTA ANITA  
TELEFONOS: (01) 704-8958 / 96967726

Página 1 de 3

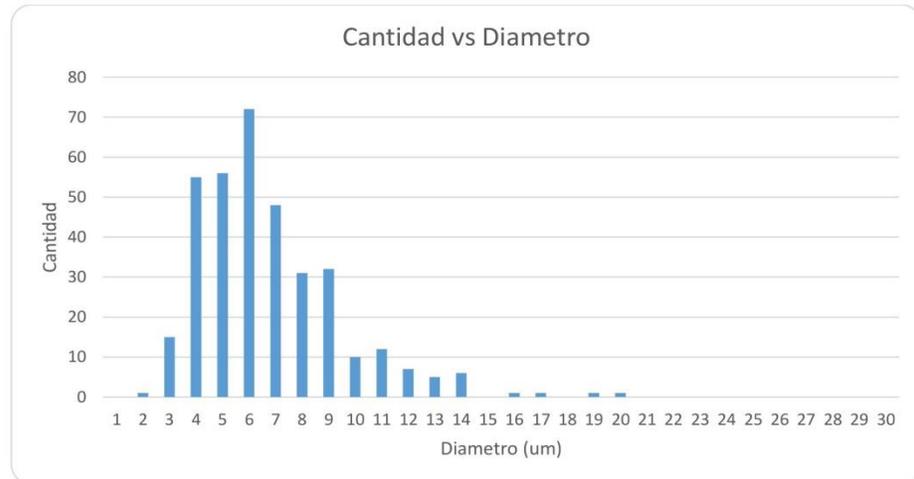


- Se procedió a medir el diámetro (en pixeles) de las burbujas encontradas en las 05 imágenes tomadas aleatoriamente.



- La cantidad total de mediciones realizadas fueron de 354.
- El promedio de los diámetros encontrados es de 6.74 micras, con una desviación estándar de 2.71 micras.
- El grafico de frecuencias “Cantidad vs diámetro” obtenido es el siguiente:

**MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C RUC: 20600023901**  
DIRECCIÓN: CA. FELIPE DE ZELA 796 OFIC. 302 URB. LOS FICUS SANTA ANITA  
TELEFONOS: (01) 704-8958 / 969677726



**Recomendaciones:**

1. Para una evaluación y validación apropiada y correcta se recomienda definir bien su tamaño de muestra (alrededor de 10,000 mediciones).
2. Se recomienda tomar en cuenta y detallar todos los factores que influyen en el tiempo de vida de la muestra (calor, colisión, tiempo, cantidad, etc)

**Se adjunta en hoja Excel las imágenes y base de datos de los diámetros obtenidos.**

Se entrega la presente para los fines que se crea conveniente. MAXCORP no se hace responsable por el uso indebido de esta información.

Atentamente,

MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C.  
  
MAX DAVID QUISPE BONILLA  
Gerente General

**MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C RUC: 20600023901**  
DIRECCIÓN: CA. FELIPE DE ZELA 796 OFIC. 302 URB. LOS FICUS SANTA ANITA  
TELEFONOS: (01) 704-8958 / 969677726