



**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES  
PARA SU REUTILIZACIÓN EN ÁREAS VERDES EN CIUDAD UNIVERSITARIA  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ING. ALBERTO CARMELO CONDORI GAMARRA**

**Para optar el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGÍSTER SCIENTIAE*) CON  
MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA - PERÚ**

**2011**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO**  
**SOSTENIBLE**

**DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE**  
**SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**  
**PARA SU REUTILIZACIÓN EN ÁREAS**  
**VERDES EN CIUDAD UNIVERSITARIA**  
**DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JORGE BASADRE GROHMANN**

Tesis sustentada y aprobada el 4 de enero del 2011; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE** :   
**Dra. Liliانا del Carmen Lanchipa Bergamini**

**SECRETARIO** :   
**MSc. Nataniel Mario Linares Gutiérrez**

**MIEMBRO** :   
**MSc. César Efraín Rivasplata Cabanillas**

**ASESOR** :   
**MSc. Alberto Savino Pacheco Pacheco**

## **DEDICATORIA**

**A la memoria de mi padre  
CARMELO y hermana ROSALÍA  
como testimonio de gratitud y  
cariño.**

**A mi compañera GRACIELA, a mi hijo  
JUAN, a mi madre BERNARDINA,  
hermanos: TIMOTEO, BERTA, ALFREDO  
Y PERCY; quienes con esfuerzo, apoyo y  
estímulo constante hicieron posible la  
culminación de mi tesis; para ellos mi  
agradecimiento.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios Todopoderoso, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr culminar esta tesis.

Mi agradecimiento al MSc. Ing. Alberto Savino Pacheco Pacheco quien me ha asesorado en mi tesis, por haber sido eficaz y por su experiencia importante en dicho desarrollo. También va mi agradecimiento y reconocimiento a todos los docentes de la Maestría y de la UNJBG por sus valiosas enseñanzas, experiencias, por sus consejos y recomendaciones que finalmente me han sido indispensables para hacer realidad este trabajo.

Por último va mi agradecimiento a todos aquellos que me apoyaron directa e indirectamente para culminar el presente trabajo.

# CONTENIDO

	Página
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Contenido	iii
Lista de siglas	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiv
Introducción	xvi
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Antecedentes del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Justificación del problema	3
1.5. Objetivos de la investigación	4
1.5.1. Objetivo general	4

1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Hipótesis	5
1.7. Variables de estudio	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	7
2.1. Antecedentes	7
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Tratamiento de aguas residuales	8
2.2.1.1. Tratamientos primarios	9
2.2.1.2. Tratamientos secundarios	10
2.2.1.3. Tratamientos terciarios	14
2.2.2. Reutilización de aguas residuales	15
2.3. Marco conceptual	17
2.3.1. Aguas residuales	17
2.3.2. Características de las aguas residuales	18
2.3.3. Influencia en el medio ambiente	22
2.4. Marco legal	22
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	30
3.1. Tipo de investigación	30
3.2. Población y muestra	30

3.3.	Variables en la parte experimental	31
3.4.	Métodos y técnicas de recolección de datos	32
3.4.1.	Métodos de recolección de datos	32
3.4.2.	Técnicas de recolección de datos	33
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	33

## **CAPÍTULO IV**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>	
4.1.	Parte Experimental	34
4.1.1.	Diseño factorial para el tratamiento de aguas residuales	34
4.1.2.	Características fisicoquímicas más importantes del agua residual	44
4.2.	Parte descriptiva	45
4.2.1.	Aplicación, resultados y análisis de la encuesta	45
4.3.	Contrastación de la hipótesis	74
4.4.	Aplicación de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales	75
4.5.	Propuesta de gestión ambiental de aguas residuales	79
4.5.1.	Introducción	79
4.5.2.	Diagnóstico	80
4.5.3.	Propuesta de gestión ambiental	81
4.5.4.	Propuesta de una guía de gestión de aguas residuales	83
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>	

<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>88</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>94</b>

## **LISTA DE SIGLAS**

**UNJBG.** UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

**EPS.** EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS

**DBO.** DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

**DQO.** DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

**OD.** OXÍGENO DISUELTTO

**OMS.** ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD

**NMP.** NÚMERO MÁS PROBABLE

**INFU.** OFICINA DE INFRAESTRUCTURA

**RO.** RECURSOS ORDINARIOS

**RDR.** RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla I.</b> Variable independiente y variable dependiente	6
<b>Tabla II.</b> Principales organismos patógenos que pueden encontrarse en el agua residual doméstica	21
<b>Tabla III.</b> Límites bacteriológicos	26
<b>Tabla IV.</b> Límites de demanda bioquímica de oxígeno	27
<b>Tabla V.</b> Límite de sustancias potencialmente peligrosas	28
<b>Tabla VI.</b> Límites de sustancias perjudiciales	29
<b>Tabla VII.</b> Niveles de variables independientes y variable dependiente	32
<b>Tabla VIII.</b> Niveles de los factores	35
<b>Tabla IX.</b> Resultados de los experimentos	35
<b>Tabla X.</b> Efectos estimados para oxígeno disuelto	35
<b>Tabla XI.</b> Análisis de la varianza para oxígeno disuelto	36
<b>Tabla XII.</b> Coeficientes de regresión para oxígeno disuelto	37
<b>Tabla XIII.</b> Respuesta optimizada	39
<b>Tabla XIV.</b> Características físicas in situ del agua residual	44
<b>Tabla XV.</b> Características fisicoquímicas del agua residual	44
<b>Tabla XVI.</b> Conoce sobre agua residual o agua servida o agua negra.	45
<b>Tabla XVII.</b> Cual de las alternativas es el más adecuado sobre agua residual	48
<b>Tabla XVIII.</b> Saben la diferencia entre agua potable y agua residual	51

<b>Tabla XIX.</b> Esta de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico	54
<b>Tabla XX.</b> Está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG	57
<b>Tabla XXI.</b> Está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes	60
<b>Tabla XXII.</b> Beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera	63
<b>Tabla XXIII.</b> Como beneficiará a la UNJBG el tratamiento de sus aguas residuales	66
<b>Tabla XXIV.</b> Conoce algún tratamiento de agua residual	69
<b>Tabla XXV.</b> Está de acuerdo en crear un comité u organización que se encarguen de velar por el medio ambiente	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Diagrama de Pareto para oxígeno disuelto	39
<b>Figura 2.</b> Estimación de efectos sobre el oxígeno disuelto	40
<b>Figura 3.</b> Interacción de factores sobre oxígeno disuelto	41
<b>Figura 4.</b> Superficie respuesta sobre el oxígeno disuelto	42
<b>Figura 5.</b> Contorno de la superficie respuesta de oxígeno disuelto	43
<b>Figura 6.</b> Resultado de la pregunta 1 de la encuesta	46
<b>Figura 6A.</b> Resultado de la pregunta 1 de la encuesta	46
<b>Figura 7.</b> Resultado de la pregunta 2 de la encuesta	49
<b>Figura 7A.</b> Resultado de la pregunta 2 de la encuesta	49
<b>Figura 8.</b> Resultado de la pregunta 3 de la encuesta	52
<b>Figura 8A.</b> Resultado de la pregunta 3 de la encuesta	52
<b>Figura 9.</b> Resultado de la pregunta 4 de la encuesta	55
<b>Figura 9A.</b> Resultado de la pregunta 4 de la encuesta	55
<b>Figura 10.</b> Resultado de la pregunta 5 de la encuesta	58
<b>Figura 10A.</b> Resultado de la pregunta 5 de la encuesta	58
<b>Figura 11.</b> Resultado de la pregunta 6 de la encuesta	61
<b>Figura 11A.</b> Resultado de la pregunta 6 de la encuesta	61
<b>Figura 12.</b> Resultado de la pregunta 7 de la encuesta	64
<b>Figura 12A.</b> Resultado de la pregunta 7 de la encuesta	64
<b>Figura 13.</b> Resultado de la pregunta 8 de la encuesta	67

<b>Figura 13A.</b> Resultado de la pregunta 8 de la encuesta	67
<b>Figura 14.</b> Resultado de la pregunta 9 de la encuesta	70
<b>Figura 14A.</b> Resultado de la pregunta 9 de la encuesta	70
<b>Figura 15.</b> Resultado de la pregunta 10 de la encuesta	73
<b>Figura 15A.</b> Resultado de la pregunta 10 de la encuesta	73
<b>Figura 16.</b> Diagrama de flujo para tratamiento de aguas residuales en la ciudad universitaria de la UNJBG	76
<b>Figura 17.</b> Vista Frontal de Planta de tratamiento de agua residual por lodos activados (Sistema Bokan-Wolfbauer)	77
<b>Figura 18.</b> Vista Superficial de Planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados (Sistema Bokan-Wolfbauer)	78
<b>Figura 19.</b> Etapas de la Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de aguas residuales	82

## **RESUMEN**

El presente trabajo se refiere al diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales generadas en ciudad universitaria y posteriormente reutilizarlo. Primeramente se desarrolló una investigación bibliográfica, luego experimental y posteriormente descriptiva. En la parte experimental se logró caracterizar el agua residual, entre las más importantes tenemos: Sólidos totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, pH y caudal de agua residual. Posteriormente, se desarrolló un Diseño Factorial con el fin de evaluar el tiempo de aireación y el flujo de aire, para obtener como respuesta el oxígeno disuelto.

En la caracterización del agua residual se tiene: Sólidos totales de 640 a 710 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno de 150 a 235 mg/L, pH de 7,35 a 8,18. El caudal promedio del agua residual es de 2 L/s.

Se aplicó Diseño Factorial para evaluar las variables de: Tiempo de aireación y Flujo de aire, teniendo como respuesta la cantidad de Oxígeno disuelto en el agua residual. Donde el punto óptimo es Tiempo de aireación de 25 minutos y el Flujo de aire de 15 mL/s se obtuvo 8,01mg/L de Oxígeno disuelto; se logra saturar de oxígeno al agua residual para estabilizar la materia orgánica.

En la parte Descriptiva se desarrolló una encuesta al personal que labora en INFU referente al agua residual; donde en términos generales se tuvieron los siguientes resultados: 97 % está de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico (agua), 77 % está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales que genera la UNJBG, 70 % está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes en ciudad universitaria, 43 % dice que si beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera y 40 % dice que beneficiará económicamente a la UNJBG.

## **ABSTRACT**

This paper refers to a diagnosis for the implementation of sanitation of sewage generated in campus and later reuse. First developed a literature, then and later experimental descriptive. In the experimental part are able to characterize the wastewater from the most important are: Total solids, biochemical oxygen demand, pH and flow of wastewater. Subsequently, it developed a Factorial Design to evaluate the aeration time and air flow in response for dissolved oxygen.

In the characterization of wastewater have: Total solids from 640 to 710 mg/L, biochemical oxygen demand of 150 to 235 mg/L, pH of 7,35 to 8,18. The average flow of waste water is 2 L/s.

Factorial design was applied to evaluate the variables: Time of ventilation and air flow, with the response the amount of oxygen dissolved in the wastewater. Where is the optimum aeration time of 25 minutes and air flow of 15 mL/s was obtained 8,01 mg/L of dissolved oxygen, oxygen saturation is achieved in the waste water to stabilize organic matter.

In the descriptive survey was developed by staff working in INFU relating to wastewater, which generally took the following results: 97% agree on maximizing

water resource (water), 77% agree in the treatment of wastewater generated by UNJBG, 70% agreed to use treated wastewater for irrigation of green areas on campus, 43% say that if UNJBG benefit the treatment of wastewater generated and 40% said that financially benefit the UNJBG.

## **INTRODUCCIÓN**

A partir de la década de los 60, términos tales como contaminación del aire y del agua, protección del medio ambiente, ecología pasaron a ser palabras de uso común. Antes de estas fechas estos términos o bien pasaron desapercibidos para el ciudadano medio o eran ideas confusas. Por eso es necesario tener una conciencia ambiental, con la finalidad de minimizar los contaminantes generados por la actividad humana, en este caso por la contaminación generada por las aguas residuales. Centros educativos de nivel superior como es el caso de la Universidad de Tarapacá de Chile tratan sus aguas residuales y la reutilizan para el riego de áreas verdes.

La ciudad de Tacna se encuentra en la costa sur del país, se caracteriza por estar ubicada en una zona desértica, es por eso que se debe dar un aprovechamiento integral al recurso hídrico. Es así, que se plantea la necesidad de hacer un diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales para posteriormente reutilizarlo en el riego de áreas verdes en ciudad universitaria de la UNJBG. La generación de aguas residuales se debe al uso doméstico y de los diferentes laboratorios que tiene la universidad, a estas aguas residuales no se les da ningún tipo de tratamiento y son vertidos al alcantarillado municipal, constituyendo en una forma de contaminación ambiental; por consiguiente la UNJBG debe asumir un papel protagónico en la búsqueda de

soluciones concretas a los problemas ambientales, sobre todo a los generados dentro de la misma universidad como es el caso del agua residual.

Al hacer un diagnóstico de saneamiento de aguas residuales y su reutilización en el riego de áreas verdes, y luego implementándolo se obtendrá muchos beneficios para la UNJBG como: ambientalmente, se minimiza la contaminación al medio ambiente que se hace en forma indirecta por el agua residual; y económicamente, se tendría un ahorro económico porque ya no se pagaría a la EPS en agua potable o agua del subsuelo para el riego de áreas verdes.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

La Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann es una institución del Estado Peruano, creado por Decreto Ley N° 1894, del 26 de agosto de 1971, que tiene como actividad principal la formación de profesionales en sus diferentes escuelas académicas profesionales. La ciudad universitaria se encuentra ubicada en la av. Miraflores s/n del distrito y provincia de Tacna.

Como parte de las actividades diarias de la universidad se genera una serie de residuos sólidos y residuos líquidos. La generación de residuos líquidos o aguas residuales de la ciudad universitaria de la UNJBG se debe al uso doméstico y de los diferentes laboratorios que tiene la universidad; a éstas aguas residuales no se les da ningún tipo de tratamiento y son vertidos al alcantarillado municipal, por lo tanto constituye un riesgo en forma indirecta para la salud humana, destruye la flora y fauna, genera malos olores y permite la formación de criaderos de insectos; es por ello que la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann debe asumir un papel protagónico en la búsqueda de soluciones concretas a los problemas ambientales, sobre todo a los generados

dentro de la misma universidad como el caso particular de ésta agua residual. Por lo tanto teniendo un diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales se podrá posteriormente reutilizarlo en riego de áreas verdes en ciudad universitaria.

## **1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**

Ciudades pequeñas y grandes, como centros educativos de nivel superior han desarrollado el saneamiento de sus aguas residuales aplicando diversos métodos tecnológicos, como es el caso de la Universidad de Tarapacá de Chile, la Universidad de California en Estados Unidos.

El tratamiento de las aguas residuales cobra cada vez más importancia por la escasez del recurso hídrico; donde al agua residual se le da un tratamiento primario y luego un tratamiento secundario y posteriormente es reutilizado en el riego de áreas verdes; esto se aplica en conjuntos residenciales, universidades, pequeños municipios, pequeñas localidades y grandes ciudades (28; 36).

La UNJBG no tiene una planta de tratamiento de aguas residuales y solamente las vierte al alcantarillado municipal; por eso es necesario implementar un diagnóstico de saneamiento a las aguas residuales, luego un tratamiento y posteriormente reutilizarlo en riego de áreas verdes.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Mediante un diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales permitirá su reutilización en áreas verdes en ciudad universitaria de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

Un diagnóstico para la implementación de saneamiento las aguas residuales constituye una alternativa para el uso adecuado y sostenible del recurso hídrico, lo que beneficia al medio ambiente y mejora el desempeño ambiental de la organización que lo implementa y mantiene; el recurso hídrico es cada vez más escaso y el costo de utilizar agua para el riego de áreas verdes es caro en comparación a utilizar agua residual tratada.

En particular la UNJBG como institución pública, tiene la obligación de asumir su compromiso de incorporar progresivamente medidas que reduzca y controle los impactos ambientales negativos; es el caso de las aguas residuales en ciudad universitaria.

Con el diagnóstico para la implementación de saneamiento las aguas residuales, resultan beneficiados la UNJBG, la sociedad y sobre todo el medio ambiente. Además mediante esta investigación se pretende disminuir el impacto

ambiental ocasionado por las aguas residuales en ciudad universitaria de la UNJBG y proporciona una alternativa para la prevención, reducción y control de dichos impactos ambientales.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

Realizar un diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales para su reutilización en áreas verdes en ciudad universitaria de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Caracterización de las aguas residuales.
2. Proponer estrategias de gestión para el tratamiento y reuso seguro de las aguas residuales.
3. Identificar las opciones de uso de productos reciclados de saneamiento de las aguas residuales.

## **1.6. HIPÓTESIS.**

Mediante un diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales permite su reutilización en áreas verdes en ciudad universitaria de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

## **1.7. VARIABLES DE ESTUDIO.**

### **VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES EN LA PARTE EXPERIMENTAL.**

El trabajo se desarrollo a nivel experimental y descriptivo. En la parte experimental se trabajo con agua residual generada en ciudad universitaria “Los Granados” de la UNJBG. Con el fin de evaluar las variables de tiempo de aireación y flujo de aire, para obtener como respuesta el oxígeno disuelto en el agua residual.

**Tabla I. Variable independiente y variable dependiente.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Tiempo de aireación	Tiempo que se suministra el aire	minutos
Flujo de aire	Cantidad de aire que suministro en la unidad de tiempo	mililitros/segundo
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Oxígeno Disuelto	Cantidad de oxígeno que se encuentre en el agua residual	miligramos/litro

Fuente: Elaboración propia.

En la parte descriptiva se trabajó con información relacionada al agua potable y alcantarillado de la UNJBG; también se realizó una encuesta al personal involucrada en el área de agua potable y alcantarillado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES.**

Cuando se habla de diagnostico para el saneamiento de aguas residuales se hace referencia al estado actual del agua residual que genera la universidad y luego al tratamiento que se le pueda dar para seguidamente reutilizarlo en el riego de áreas verdes de la UNJBG. Para el desarrollo del presente trabajo se tomó en cuenta como antecedentes, algunas Tesis que corresponden a otros sectores, pero se consideran como referencia para el marco teórico, siendo las siguientes:

- A. Tesis: "Estudio de prefactibilidad para la Instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por el Método de Lodos Activados en la ciudad de Tacna" 2007, UNJBG. Esta tesis pertenece a Roger Daniel Sueros Ticona, trata del estudio de instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales por el método de lodos activados mezcla completa de la ciudad de Tacna, posteriormente se puede utilizar dicha agua para el riego de vegetales.

- B. Tesis: "Diseño del Proceso e Implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a nivel de Laboratorio, provenientes de la Línea de Producción de Químicos para Lavandería de una Planta Industrial" 2007, Universidad de San Carlos de Guatemala. Presentado por Margaret Haydeé Soto Velásquez, trata primeramente de la caracterización de aguas residuales (medición de caudal, obtención de parámetros fisicoquímicos), para posteriormente implementar una planta a nivel de laboratorio para tratar dichas aguas residuales.
- C. Tesis: "Evaluación Analítica y Optimización de Procesos de Oxidación Avanzada en Planta Piloto Solar" 2002, Universidad de Almería. Presentado por Julia Cáceres Vásquez, se refiere a la evaluación analítica utilizando técnicas analíticas avanzadas de procesos de oxidación avanzadas con el objetivo de optimizar la detoxificación de aguas contaminadas con plaguicidas.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

El tratamiento de aguas residuales se dividen en tres etapas: primera etapa tratamientos primarios, segunda etapa tratamiento secundario y tercera etapa tratamiento terciario.

### **2.2.1.1. TRATAMIENTOS PRIMARIOS.**

Los tratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga bien en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario a través de una neutralización u homogenización. Los tipos fundamentales de tratamientos primarios son: el cribado, la sedimentación, la flotación y la neutralización y homogenización (28; 9).

El cribado se emplea para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos; la distancia o aberturas de las rejillas dependen del objeto de las mismas, y su limpieza se hace bien manualmente o mecánicamente; los productos recogidos se destruyen por incineración, o se tratan por procesos de digestión anaerobia, o se dirigen directamente al vertedero. La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión; La eliminación de las materias por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran, que acaba en el depósito de las materias en suspensión. La flotación es un proceso para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. La separación se lleva a cabo introduciendo un gas normalmente aire en la fase líquida, en forma de burbujas. La fase líquida se somete a un proceso de presurización para alcanzar una presión de funcionamiento que oscila entre 2 y 4 atm, posteriormente los sólidos o líquidos

(aceites o petróleo) flotan debido a que estas pequeñas burbujas, asociándose a los mismos les obligan a elevarse hacia la superficie y luego se separan. Neutralización y Homogenización, los métodos para neutralización de aguas residuales incluyen: homogenización que consiste en mezclar las corrientes, algunas de las cuales son ácidas y otras alcalinas, y métodos de control de pH, que consisten en la adición de ácidos o bases para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas; el pH del agua residual debe estar en el intervalo de 6,5 y 8,5 para tratamientos secundarios (28; 4).

#### **2.2.1.2. TRATAMIENTOS SECUNDARIOS.**

La expresión tratamiento secundario se refiere a todos los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobios, tenemos:

##### **a) Lodos Activados.**

Este proceso fue ideado por Arden y Lockett en mayo de 1914 (Allman and Prakasam, 1985; Alleman, 1987). Se le puede definir como un proceso por el cual, la mayor parte de la materia orgánica (contaminante) de las aguas residuales, son convertidas a formas inorgánicas más estables por la acción de una suspensión floculante microbiana, denominada lodo activado (Miranda, 2002; Nomdedeu, 1995). El lodo

activado viene a ser un cultivo microbiano heterogéneo (bacterias, protozoarios, rotíferos, hongos, etc.) producto de las condiciones ambientales del proceso (agitación, oxigenación, temperatura, turbiedad, etc.) (11; 36).

**b) Lagunas aireadas.**

Una laguna aireada es un estanque de 2 m a 5 m de profundidad hecho para el tratamiento biológico de aguas residuales. En el sistema de tratamiento se usa un equipo de aireación mecánica con el objeto de suministrar oxígeno y mezcla. Una laguna aireada se diseña como laguna aerobia, con suficiente introducción de potencia, para mantener todos los sólidos en suspensión, o facultativa o de mezcla incompleta, con un nivel de potencia apenas suficiente para crear la turbulencia requerida para la dispersión de oxígeno y permitir sedimentación de sólidos. Las lagunas aireadas facultativas son las más usadas porque producen un buen efluente, los niveles de potencia son inferiores, requieren control mínimo y la remoción de lodos es poco frecuente, cada diez años o más. Las lagunas aireadas aerobias se utilizan bastante para aguas residuales industriales de concentración alta (30; 24).

**c) Zanjones de oxidación.**

El zanjón de oxidación es un proceso de lodos activados, del tipo de aireación prolongada, que usa un canal cerrado, con dos curvas, para la aireación y la mezcla. Como equipo de aireación y circulación del licor mezclado usa aireadores mecánicos del tipo cepillos horizontales, de jaula o de discos. La planta típica de un zanjón de oxidación no incluye sedimentación primaria, utiliza un solo canal concéntrico, un sedimentador secundario y lechos de secado de lodos. El zanjón se reviste de concreto o de otro material apropiado para prevenir la erosión y la infiltración (30).

**d) Filtros Biológicos.**

El filtro percolador o biofiltro es un proceso muy usado para el tratamiento de aguas residuales. El filtro biológico no es un proceso diseñado para ejercer una verdadera acción de tamizado o filtración del agua residual sino para poner en contacto aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo, constituyendo un lecho de oxidación biológica. Un filtro percolador tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en aguas residuales domésticas o industriales. Consiste en un lecho de piedras, u otro medio natural o sintético, sobre el cual se aplican las

aguas residuales, con el consecuente crecimiento de microorganismos, lamas o películas microbiales sobre el lecho (30).

**e) Biodiscos.**

Los biodiscos son un sistema de tratamiento biológico secundario, para aguas residuales domésticas e industriales biodegradables, del tipo de crecimiento adherido o reactor de película fija. Las lamas o películas biológicas crecen sobre discos, en rotación a través del agua residual, montados sobre un eje horizontal. El proceso es muy similar al de filtros percoladores, con la película biológica en rotación dentro del agua residual sedimentada y dentro de la atmósfera para proveer oxígeno a los organismos (30).

**f) Sistemas anaerobios.**

El proceso anaerobio o fermentación lo definió Pasteur como la vida sin aire. Es la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos, en ausencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios. El proceso anaerobio es menos eficiente en producción de energía que el aerobio, puesto que la mayoría de la energía liberada en el catabolismo anaerobio proveniente de la sustancia descompuesta aún permanece en los

productos finales orgánicos reducidos como el metano, generándose una cantidad de biomasa mucho menor que la producida en el proceso aerobio (4).

### **2.2.1.3. TRATAMIENTOS TERCIARIOS.**

El tratamiento terciario al que se conoce también como tratamiento avanzado es la serie de procesos destinados a conseguir una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario. Se tienen los siguientes tipos de tratamiento terciario: separación de sólidos en suspensión, adsorción en carbón activado para la separación de compuestos orgánicos, intercambio iónico, ósmosis inversa, electrodiálisis, oxidación química (cloración y ozonación) y métodos de eliminación de nutrientes (eliminación de nitrógeno y fósforo) (28).

El tratamiento terciario, suele emplearse para eliminar el fósforo y mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes difícilmente removibles. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO5 en similar medida (19).

Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con

ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema. Es probable que en el futuro se generalice el uso de estos y otros métodos de tratamiento de los residuos a la vista de los esfuerzos que se están haciendo para conservar el agua mediante su reutilización (21).

### **2. 2. 2. REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.**

Las aguas residuales tratadas pueden ser utilizadas para fines muy diversos, uno de ellos y el más desarrollado es en la agricultura, por ser ésta una práctica antigua y muy común, pues, aunque las aguas residuales domésticas sufran cambios químicos sustanciales a través del uso, no llega a quedar inservible para la irrigación. Por el contrario el aporte de los residuos orgánicos que ellas puedan acarrear con una relación Carbono/Nitrógeno favorable, va a determinar características físicas, químicas y biológicas que contribuyan al desarrollo evolutivo de la capacidad del suelo, especialmente si se trata de suelos áridos y pobres en materia orgánica (17).

Para destinar la reutilización de aguas residuales en agricultura, no sólo es importante el conocimiento de los elementos mayores y el contenido en materia orgánica, sino también el de los oligoelementos y metales pesados, sobre todo si las aguas residuales domésticas son contaminadas con aguas residuales de origen industrial (37).

Por otra parte la Organización Mundial de Salud (OMS), señala que también es importante considerar la calidad de agua con respecto a los riesgos de salud que conlleva, tanto para trabajadores en contacto con ella como para la aplicación particular a que se destine (26).

Las aguas residuales depuradas constituyen un recurso hídrico importante en las zonas con alta densidad de población y en las que hay problemas de falta de agua. Para valorar la calidad de las aguas residuales para el riego se emplean los mismos criterios que para las aguas superficiales o subterráneas, es decir, su contenido en sales y en elementos potencialmente fitotóxicos (sodio, cloruro y boro). Pero, además hay que tener en cuenta el contenido en microorganismos patógenos y la concentración de metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos, que no suelen presentar problemas en el riego con agua normal (27).

Los estándares de calidad para reuso de aguas residuales deberán ser establecidos de acuerdo a los usos previstos (5).

La legislación peruana establece los tipos de tratamiento a que se deben someter los desagües, según el tipo y utilización para riego agrícola. Sin embargo, no son definidos los límites de concentración de sustancias o microorganismos deseables en los desagües tratados. Actualmente se

encuentran en elaboración normas con definición de estándares de calidad para reuso de aguas servidas (14).

Varios países y organismos internacionales definen estándares de calidad para el reuso de aguas servidas, de acuerdo a sus usos, sea por el propio uso o para protección de la salud ocupacional de los operadores de los sistemas (23).

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL.**

### **2.3.1. AGUAS RESIDUALES.**

Las aguas residuales son los efluentes derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales (34).

El agua residual es una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente o no (1; 22).

La concentración de aguas residuales depende del consumo local de agua y de la infiltración de aguas pluviales en la red de alcantarillado. La composición del desecho industrial varía de acuerdo al tipo de industria y al proceso industrial adoptado (31).

El desecho industrial puede contener impurezas químicas, materia orgánica, metales pesados u otros contaminantes, en forma disuelta o en suspensión, requiriendo para su remoción desde simples procesos de decantación hasta complejos tratamientos avanzados (18).

### **2.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales (28).

#### **a) Sólidos.**

El contenido de sólidos del agua afecta directamente la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento o disposición. Se considera como sólidos totales de un agua el residuo de evaporación y secado a 103 – 105 °C. (30).

**b) Materia orgánica.**

El contenido en materia orgánica en el agua residual puede conocerse por la demanda de oxígeno que ésta supone. Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), son de mucha utilidad para conocer el contenido de materia orgánica (13).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

La demanda bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Cuando se refiere a la DBO necesaria para oxidar todo el material orgánico carbonácea biodegradable, se denomina demanda bioquímica última de oxígeno carbonácea. En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg O<sub>2</sub>/L. La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (16; 30).

### **Demanda química de oxígeno (DQO).**

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general el dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en sólo tres horas (29; 30).

### **c) Microorganismos.**

Las aguas residuales contienen microorganismos que provienen principalmente de los desechos humanos (excrementos humanos) los cuales encuentran un ambiente adecuado para su desarrollo y manutención (20).

Los microorganismos patógenos y virus presentes en el agua residual proceden de desechos humanos que están infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad (20).

**Tabla II. Principales organismos patógenos que pueden encontrarse en el agua residual doméstica y enfermedades que producen.**

ORGANISMO PATÓGENO	ENFERMEDAD
<b>Protozoos</b>	
Entamoeba histolytica	Disentería amebiana
Giardia lamblia	Giardiasis
Balantidium coli	Balantidiosis
<b>Helmintos</b>	
Ascaris lumbricoides	Ascariasis
Anylostoma duodenale	Anquilostomiasis
Necator americanus	Necatoriasis
Acylostoma spp	Larva migrante cutánea
Strongylides stercoralis	Estrongiloidiasis
Trichuris spp	Trichuriasis
Taenia spp	Teniasis
Enterobius vermicularis	Enterobiasis
Echinococcus granulosus	Hidatidosis
<b>Bacterias</b>	
Shingella (4 especies)	Shigelosis
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
Salmonella (1700 especies)	Salmonelosis
Vibrio cholerae	Cólera
Escherichia coli enteropatógena	Gastroenteritis
Yersinia enterocolitica	Yesiniosis
Leptospira spp	Leptospirosis
<b>Virus</b>	
Enterovirus (71 tipos)	Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis
Virus de la hepatitis A	Hepatitis
Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades respiratorias
Rotavirus	Gastroenteritis
Parvovirus (2 tipos)	Gastroenteritis

Fuente: Metcalf & Eddy Inc. 1995.

### **2.3.3. INFLUENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE.**

La descarga de aguas residuales no tratadas conlleva a un riesgo potencial principalmente para la salud, pudiendo así mismo provocar un deterioro físico, químico y biológico de las fuentes de agua, por lo tanto es la causa de la depreciación de terrenos, formación de criaderos de insectos, produciendo malos olores, destrucción de la fauna acuática y la eventual restricción de otros usos benéficos de los cursos de agua (2).

El problema de contaminación se agrava aún más con la acelerada expansión de centros urbanos y el continuo crecimiento y desarrollo industrial. Al mismo tiempo día a día es más la necesidad de aumentar la cantidad de agua disponible. Por todo esto conviene investigar el aprovechamiento de aguas residuales con la doble finalidad; de impedir la contaminación, exigiendo un tratamiento adecuado, y completar los escasos recursos de agua, de tal modo que recobra la calidad, para posteriormente pueda servir para otros usos como: el agrícola, industrial o recreativo. (26).

### **2.4. MARCO LEGAL.**

La realización del presente trabajo está amparado en los siguientes dispositivos legales:

- **Constitución Política del Perú.**

Artículo 2°.- Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 7°.- Todos tienen derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad así como el deber de contribuir a su promoción y defensa.

- **Decreto Ley N° 17752 Nueva Ley General de Aguas.**

Artículo 9°.- Declárese de necesidad y utilidad pública: conservar, preservar e incrementar los recursos hídricos; regularizar el régimen de las aguas, obtener una racional, eficiente, económica y múltiple utilización de los recursos hídricos; promover, financiar y realizar las investigaciones, estudios y obras necesarias para tales fines.

- **Decreto Supremo N° 41-70-A “Complementación del reglamento del título III de la Ley General de Aguas”**

Artículo 186°.- Se entenderá por planta de tratamiento, al conjunto de obras de ingeniería sanitaria, destinadas específicamente a purificar las aguas servidas. Se clasifican en: primarias y secundarias.

Artículo 187°.- Se considerarán plantas de tratamiento primario, las que cuenten con procesos que se realicen en tanques sépticos, tanque imhoff o

tanques de sedimentación, con o sin coagulación química, estén o no precedidos por cámaras de rejillas desarenadores o dispositivos similares y lagunas de oxidación con fase anaeróbica.

Artículo 188°.- Se considerarán plantas de tratamiento secundario, las que cuenten con procesos que se realicen en filtros biológicos, filtros de arena, sistemas de lodos activados, sistemas de oxidación total y lagunas de estabilización, considerándose, en este último caso sólo las aeróbicas.

– **Ley General del Ambiente N° 28611.**

Artículo 1°.- Del derecho y deber fundamental.

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva.

Artículo 66°.- De la salud Ambiental-

La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la autoridad

de Salud y de las personas naturales y jurídicas, dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

- **Decreto Legislativo N° 697 “Ley de Promoción a la Inversión Privada en el Campo de Saneamiento”**

Artículo 1°.- Declárese de interés nacional la promoción de la inversión privada en el campo del saneamiento, específicamente en las actividades de explotación de los servicios de agua potable, alcantarillado, disposición de excretas, reúso de aguas servidas y limpieza pública.

**RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 0291-2009-ANA (Dictan disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reusos de aguas residuales tratadas; Junio 2009).**

**Artículo 4°.- Disposiciones sobre clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a su calidad.**

La calidad de los cuerpos de agua en general ya sean terrestres o marítimas se clasifican respecto a sus usos de la siguiente manera:

- I. Aguas de Abastecimiento doméstico con simple desinfección.

- II. Aguas de abastecimientos domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

**Artículo 5°.- Disposiciones sobre valores límites.**

Regirán los siguientes valores límites para los diferentes cuerpos de agua:

**Tabla III. Límites bacteriológicos.**

<b>LÍMITES BACTERIOLÓGICOS</b>						
Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales (Valores en NMP/100 mL) <sup>1</sup>						
USOS	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes Totales	8,8	20000	5000	5000	1000	20000
Coliformes Fecales	0	4000	1000	1000	200	4000

Fuente: Diario El Peruano; Normas Legales, Junio 2009.

<sup>1</sup> \*Referido a valores NMP/100 mL o Número Más Probable en 100 mL.

**Tabla IV. Límites de demanda bioquímica de oxígeno.**

<b>LÍMITES DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) 5 DIAS, 20°C Y DE OXÍGENO DISUELTO (OD) Valores en mg/L</b>						
<b>USOS</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
<b>D.B.O.</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>O.D.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

Fuente: Diario El Peruano; Normas Legales, Junio 2009.

**Tabla V. Límite de sustancias potencialmente peligrosas.**

<b>LÍMITES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS</b>						
<b>Valores en mg/m<sup>3</sup></b>						
<b>PARÁMETROS</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Selenio	10	10	50	N.A	5	10
Mercurio	2	2	10	N.A	0,1	0,2
PCB	1	1	1+	N.A	2	2
Esteres Estalatos	0,3	0,3	0,3	N.A	0,3	0,3
Cadmio	10	10	50	N.A	0,2	4
Cromo	50	50	1000	N.A	50	50
Níquel	2	2	1+	N.A	2	<sup>2**</sup>
Cobre	1000	1000	500	N.A	10	<sup>3*</sup>
Plomo	50	50	100	N.A	10	30
Zinc	5000	5000	25000	N.A	20	<sup>2**</sup>
Cianuro WAD	80	80	100	N.A		
Cianuro libre				N.A	22	22
Fenoles	0,5	1	1+	N.A	1	100
Sulfuros	1	2	1+	N.A	2	2
Arsénico	100	100	200	N.A	10	50
Nitratos (N)	10	10	100	N.A	N.A	N.A

Fuente: Diario El Peruano; Normas Legales, Junio 2009.

<sup>2</sup> Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0,02

<sup>3</sup> Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0,1

LC50	Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del bioensayo.
1+	Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.
N.A	Valor no aplicable
Plaguicidas	Para cada uso se aplicará como límite, los criterios de calidad de aguas establecidas por el <i>Environmental Protection Agency</i> de los Estados Unidos de Norteamérica.

**Tabla VI. Límites de sustancias perjudiciales.**

<b>LÍMITES DE SUSTANCIAS O PARÁMETROS POTENCIALMENTE PERJUDICIALES (Valores en mg/L) (APLICABLES EN LOS USOS I, II, III, IV, V)</b>						
	I	II	III	IV	V	VI
M.E.H <sup>4</sup>	1,5	1,5	0,5	0,2		
S.A.A.M <sup>5</sup>	0,5	0,5	1,0	0,5		
C.A.E <sup>6</sup>	1,5	1,5	5,0	5,0		
C.C.E <sup>7</sup>	0,3	0,3	1,0	1,0		

Fuente: Diario El Peruano; Normas Legales, Junio 2009.

Respecto a temperatura, el Ministerio de Salud determinará en cada caso, las máximas temperaturas para exposiciones cortas y de promedio semanal.

<sup>4</sup> Material Extractable en Hexano (Grasa Principalmente)

<sup>5</sup> Sustancias activas de azul de Metileno (Detergente principalmente)

<sup>6</sup> Extracto de columna de carbón activo por alcohol (Según método de flujo lento)

<sup>7</sup> Extracto de columna de carbón activo de cloroformo (Según método de flujo lento)

# **CAPÍTULO III**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

El tipo de investigación es descriptiva y experimental, en el cual se trabajo con aguas residuales generada en ciudad universitaria, “Los Granados” de la UNJBG; con el fin de dar un diagnostico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales. También se hizo una descripción de datos mediante la técnica de la encuesta (cuestionario). Para el desarrollo del trabajo se coordino con la Oficina de Infraestructura (INFU), Oficina de Logística y Oficina de Personal de la UNJBG.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.2.1. PARTE EXPERIMENTAL.**

En la parte experimental la población está constituida por el agua residual generada en ciudad universitaria “Los Granados” de la UNJBG. Se tomará muestras de sondeo de agua residual por un tiempo de 5 días y se hará una caracterización de los parámetros fisicoquímicos y químicos más importantes.

### **3.2.2. PARTE DESCRIPTIVA.**

En la parte descriptiva se trabajó con información relacionada al agua potable y alcantarillado de la UNJBG; también se realizó una encuesta al personal de INFU que labora en el área de jardinería, agua potable y alcantarillado.

### **3.3. VARIABLES EN LA PARTE EXPERIMENTAL.**

En la parte experimental se trabajó con agua residual generada en ciudad universitaria “Los Granados” de la UNJBG. Con el fin de evaluar las variables de tiempo de aireación y flujo de aire, para obtener como respuesta el oxígeno disuelto en el agua residual.

Se desarrollo un diseño experimental  $2^n = N$

Donde:            n: número de variables

                      N: número de experimentos

**Tabla VII. Niveles de variables independientes y variable dependiente.**

<b>Variables Independientes</b>	<b>Niveles</b>	
	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
Tiempo de aireación (minutos)	5	25
Flujo de aire (mL/s)	10	15
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Unidades</b>	
Oxígeno Disuelto	mg/L	

Fuente: Elaboración propia.

### **3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.4.1. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

En la parte experimental se tuvieron que hacer pruebas de laboratorio para obtener los datos, donde se trabajo con las variables independientes tiempo de aireación y flujo de aire para ver el comportamiento de la variable dependiente que es el oxígeno disuelto en el agua residual.

En la parte descriptiva en cuanto al método de recolección de datos se utilizó el cuestionario el cual fue aplicado al personal que labora en el área de jardinería, agua potable y alcantarillado. El cuestionario consta de un conjunto de preguntas de simples a mayor grado de dificultad, con el fin de facilitar la comprensión del encuestado.

### **3.4.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

La información ha sido recolectada utilizando las siguientes técnicas:

- a) En la parte experimental se realizó muestreos de sondeo agua residual por un tiempo de 5 días.
- b) Documental, se busco información de libros, tesis, informes, trabajos anteriores, etc.
- c) En la parte descriptiva se aplicó encuestas, al personal que labora en INFU, en forma escrita mediante cuestionario.

### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.**

Los datos experimentales se procesaron utilizando el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1. Para el análisis y presentación de datos se considera la estadística descriptiva y el uso de muestreo e inferencia y análisis correlacional.

Los datos de la parte descriptiva se procesaron por medio de tabulación, que están reflejados en tablas, y el análisis de dichos datos se desarrolló mediante porcentajes (frecuencias relativas), los datos obtenidos fueron representados en gráficos, utilizando Excel.

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. PARTE EXPERIMENTAL.**

#### **4.1.1. DISEÑO FACTORIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

En la parte experimental se trabajó con agua residual generada en ciudad universitaria “Los Granados” de la UNJBG. Con el fin de evaluar las variables de tiempo de aireación y flujo de aire, para obtener como respuesta el oxígeno disuelto en el agua residual.

Se desarrollo un Diseño Factorial:  $2^n$

$$N = 2^2 + 2 = 4 + 2 = 6 \text{ experimentos}$$

Los Grados de libertad que son 2

Donde:  $n = 2$ : número de variables (factores)

N: número de experimentos

**Tabla VIII. Niveles de los factores.**

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>		<b>Unidades</b>
Tiempo de aireación (T)	5	25	Minutos
Flujo de aire (F)	10	15	Mililitros/segundo
<b>Variable Dependiente (Respuesta)</b>		<b>Unidades</b>	
Oxígeno Disuelto (OD)		mg/L	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla IX. Resultados de los experimentos.**

<b>Nº experimentos</b>	<b>T (min)</b>	<b>F (mL/s)</b>	<b>OD (mg/L)</b>
1	5	10	6,8
2	25	10	7,8
3	5	15	7,4
4	25	15	8
5	15	12,5	7,5
6	15	12,5	7,6

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla X. Efectos estimados para oxígeno disuelto.**

<b>Efecto</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error Estd</b>
promedio	7,51667	+/- 0,0263523
T: Tiempo de aireación	0,8	+/- 0,0645497
F: Flujo de aire	0,4	+/- 0,0645497
T F	-0,2	+/- 0,0645497

Fuente: Elaboración propia.

Los errores estándar están basados en un error total con 2 g.l. (grados de libertad)

### Interpretación:

El tiempo de aireación es el factor que tiene mayor efecto significativo dentro del proceso.

El flujo de aire también tiene efecto significativo, pero en menor medida que el tiempo de aireación. No existe interacción entre el tiempo de aireación con el flujo de aire, por lo que se puede manejar independientemente cada factor, sin modificar el proceso.

**Tabla XI. Análisis de la varianza para oxígeno disuelto.**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
T: Tiempo de aireación	0,64	1	0,64	153,60	0,0064
F: Flujo de aire	0,16	1	0,16	38,40	0,0251
T F	0,04	1	0,04	9,60	0,0903
Error Total	0,00833333	2	0,00416667		
Total (corr.)	0,848333	5			

Fuente: Elaboración propia.

R-cuadrado = 99,0177 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,5442 por ciento

Error Estándar de Est. = 0,0645497

Error absoluto de la media = 0,0277778

Estadístico Durbin-Watson = 1,2 (P=0,3211)

Autocorrelación residual Lag 1 = -0,0333333

### **Interpretación:**

Se corrobora que el tiempo de aireación es el factor controlante del proceso, ya que el valor de Pareto es el que tiende a cero.

Seguidamente indica que el flujo de aire es el otro factor que también tiene efecto significativo pero en menor medida que el tiempo de aireación. No existe interacción.

La varianza del error es pequeña, ya que dicho valor tiende a cero, tal como se visualiza con el cuadrado medio del error (0,00416667) lo cual indica que se han realizado las pruebas con mucha exactitud. El coeficiente de correlación indica que el modelo matemático se ajusta al sistema, ya que su aceptación está en 99,0177 por ciento.

**Tabla XII. Coeficientes de regresión para oxígeno disuelto.**

<b>Coeficiente</b>	<b>Estimado</b>
Constante	5,16667
T: Tiempo de aireación	0,09
F: Flujo de aire	0,14
T F	-0,004

Fuente: Elaboración propia.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{OD} = 5,16667 + 0,09 \cdot T + 0,14 \cdot F - 0,004 \cdot T \cdot F$$

Donde:

**OD: Oxígeno Disuelto**

**T: Tiempo de Aireación**

**F: Flujo de aire**

**Interpretación:**

El modelo matemático es aceptable por el alto valor del coeficiente de correlación (99,0177%).

Si en el modelo matemático hacemos que el tiempo de aireación sea igual que el flujo de aire y estos sean igual a cero, entonces el oxígeno disuelto será igual a 5,16667. Se empieza con dicha cantidad de oxígeno disuelto antes de iniciar el experimento.

Para incrementar la cantidad de oxígeno disuelto al sistema depende directamente del flujo de aire seguido del tiempo de aireación, y en menor medida de la interacción de ambos factores. Por lo que la interacción se puede desechar a fin de optimizar el proceso.

**Optimizar Respuesta**

Meta: maximizar Oxígeno Disuelto

Valor Optimo = 8,01667

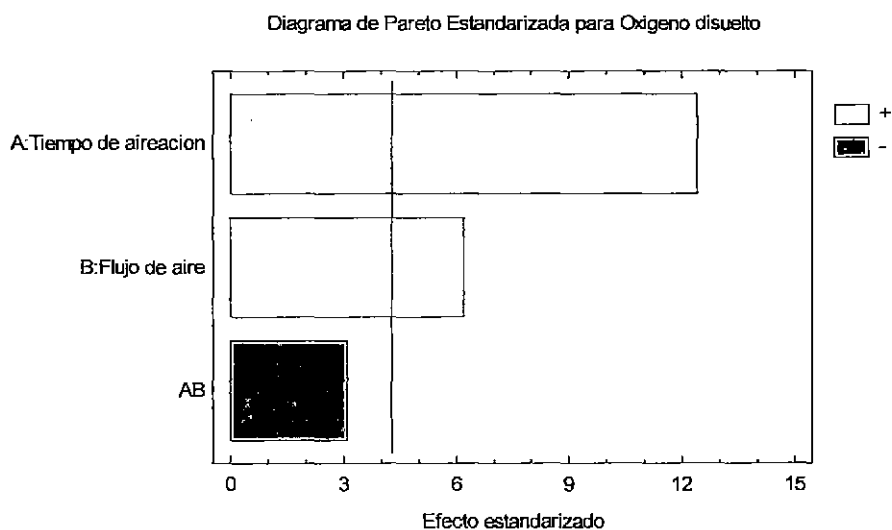
**Tabla XIII. Respuesta optimizada.**

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
Tiempo de aireación	5,0	25,0	25,0
Flujo de aire	10,0	15,0	15,0

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

La maximización del oxígeno disuelto en el proceso depende de la dosificación del tiempo de aireación en su valor máximo y así mismo del flujo de aire en su valor máximo para llegar a obtener un valor óptimo de oxígeno disuelto en 8,01667 mg/L



**Figura 1. Diagrama de Pareto para oxígeno disuelto.**

### Interpretación:

En la Figura 1 del diagrama de Pareto nos indica que para un 95% de aceptación el tiempo de aireación tiene el mayor efecto significativo y es el controlante del proceso, seguido del flujo del aire. Además indica que no existe interacción en dicho rango de estudio en el cual se desarrollo el presente proceso.

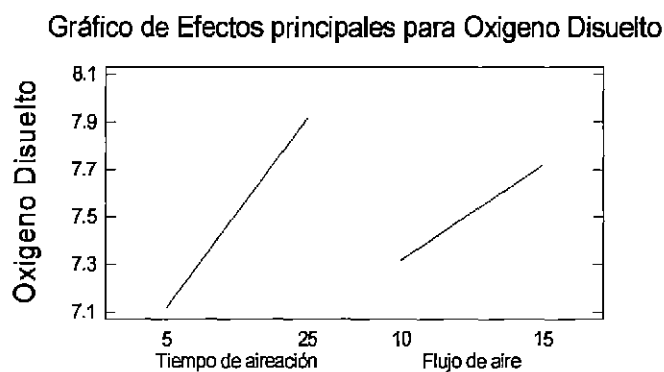


Figura 2. Estimación de efectos sobre el oxígeno disuelto.

### Interpretación:

En la Figura 2 de efectos significativos de los factores principales para obtener el oxígeno disuelto se ve claramente que el tiempo de aireación tiene la mayor pendiente en comparación al flujo de aire, por lo que en el valor máximo de tiempo de aireación se llega a obtener un valor máximo de oxígeno disuelto.

Pero en el caso del flujo de aire, se requiere mayor flujo para llegar al oxígeno disuelto.

Lo cual nos indica que el tiempo de aireación es el que tiene mayor efecto significativo y a la vez controlante del proceso.

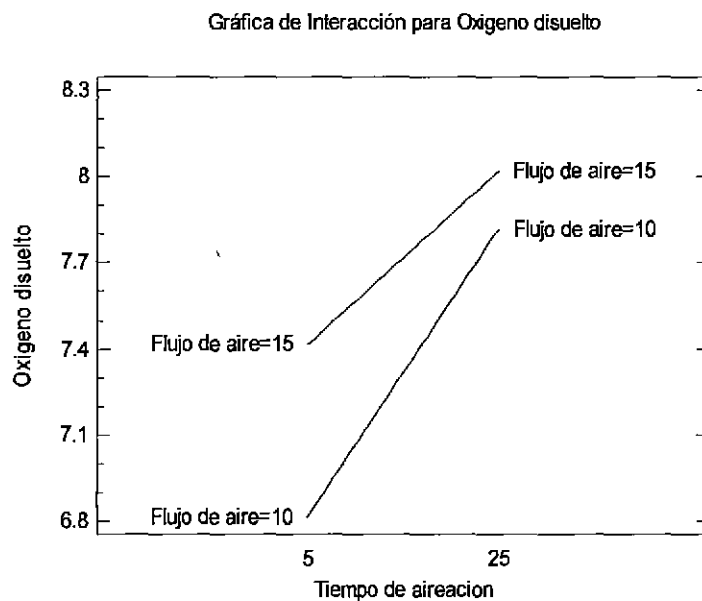


Figura 3. Interacción de factores sobre oxígeno disuelto.

#### Interpretación:

Tal como se visualiza en la Figura 3 de interacción de factores sobre oxígeno disuelto, se observa que en el rango de trabajo no existe interacción por lo cual ambos factores son independientes. Se pueden manipular

independientemente cada uno de los factores sin influir en su manipulación entre el uno con el otro.

Es importante dicho manejo, ya que al modificar un factor el otro se mantiene constante y si se manipula el otro factor el primero se mantiene constante, y así sucesivamente.

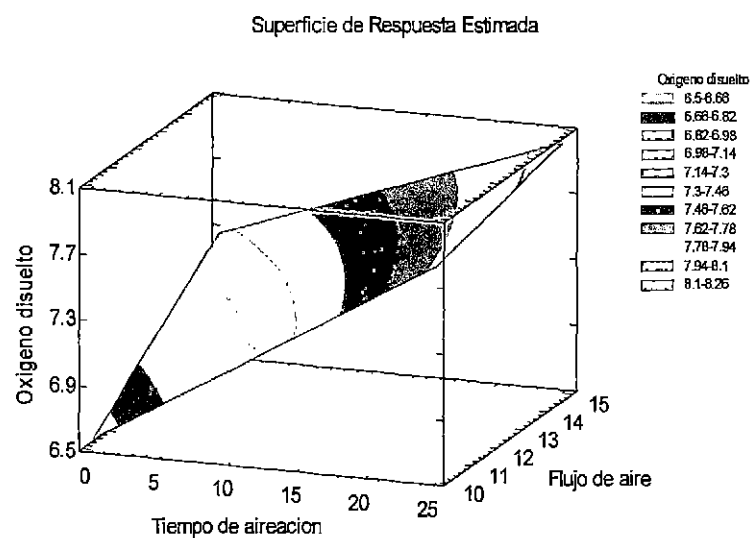


Figura 4. Superficie respuesta sobre el oxígeno disuelto.

### Interpretación:

En la Figura 4 de la superficie respuesta, nos proporciona la información en referencia superficial de lo acontecido en el plano cartesiano. Se nota que el

valor máximo del tiempo de aireación y el valor máximo del flujo de aire, llega a obtener el valor máximo de oxígeno disuelto en 8,01667 mg/L.

Se visualiza claramente dicho valor en la zona azul que queda en la parte superior derecha del gráfico en donde está la zona óptima de oxígeno disuelto.

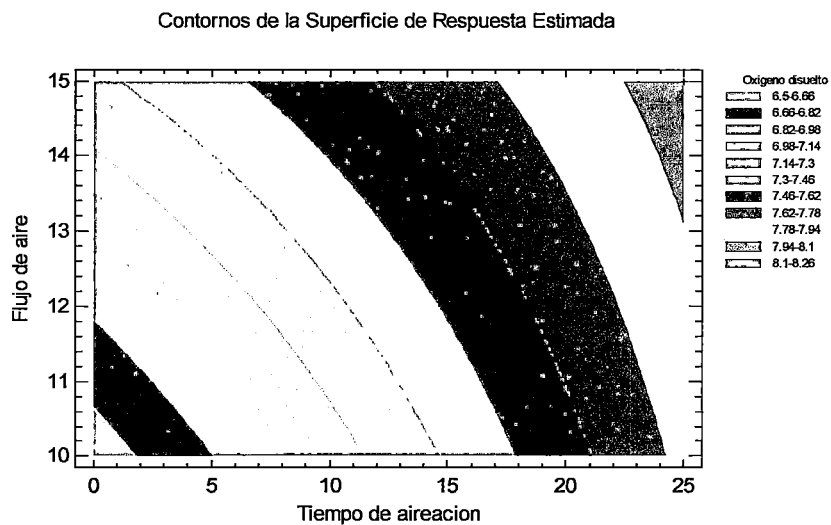


Figura 5. Contorno de la superficie respuesta de oxígeno disuelto.

### Interpretación:

En la Figura 5 de contornos en el plano nos muestra el valor óptimo del proceso en donde se visualiza que la región marcada con azul indica la zona en donde se obtiene la mayor cantidad de oxígeno disuelto. Dicha zona varía desde 23,5 minutos a 25 minutos para el tiempo de aireación y 13 mL/s a 15

mL/s para el flujo de aire. En dicha zona se obtiene 8,01667 mg/L de oxígeno disuelto.

#### 4.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS MÁS IMPORTANTES DEL AGUA RESIDUAL.

Se evaluaron las características más importantes del agua residual; se realizaron cinco muestreos. Donde el caudal promedio de agua residual es 2 L/s

**Tabla XIV. Características físicas in situ del agua residual.**

Muestreo	Temperatura (°C)	Color	Olor
Primer	20	Turbio lechoso	Desagradable
Segundo	21	Turbio lechoso	Desagradable
Tercer	20	Turbio lechoso	Desagradable
Cuarto	19	Turbio lechoso	Desagradable
Quinto	21	Turbio lechoso	Desagradable

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla XV. Características fisicoquímicas del agua residual.**

Muestreo	pH	Sólidos Totales (mg/L)	DBO <sup>8</sup> (mg/L)
1er	7,50	640	150
2do	8,05	686	210
3er	7,45	664	180
4to	8,18	690	220
5to	7,35	710	235

Fuente: Elaboración propia.

<sup>8</sup> DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

## 4.2. PARTE DESCRIPTIVA.

### 4.2.1. APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA.

La encuesta aplicada al personal que labora en el área de Infraestructura (INFU) se desarrolló mediante el siguiente cuestionario, cuyos resultados y análisis se muestran a continuación.

#### PREGUNTA 1.

¿Conoce sobre agua residual o agua servida o agua negra?

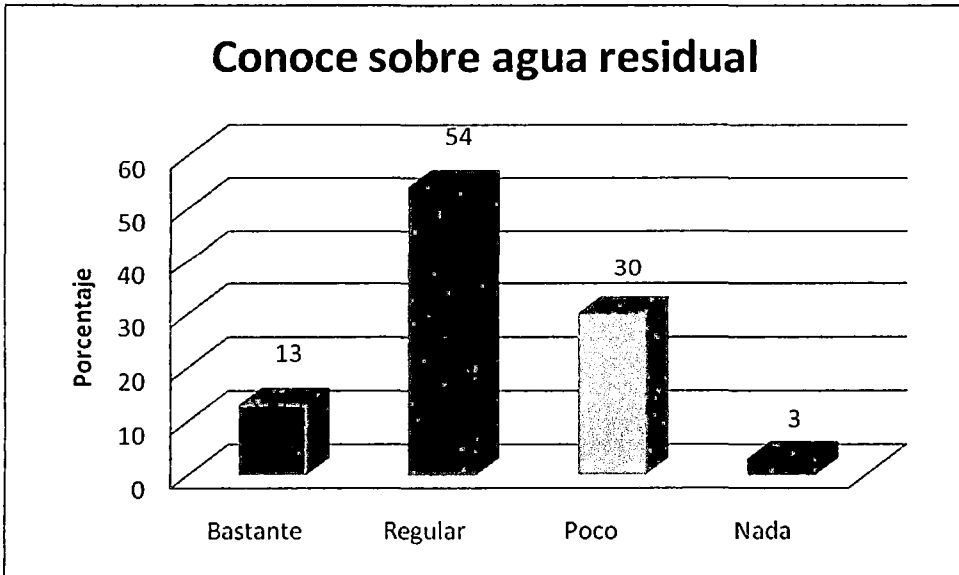
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura conoce sobre agua residual o agua servida o agua negra.

El resultado de la pregunta 1 de la encuesta, se muestra en la Tabla XVI, Figura 6 y Figura 6A.

**Tabla XVI. Conoce sobre agua residual o agua servida o agua negra.**

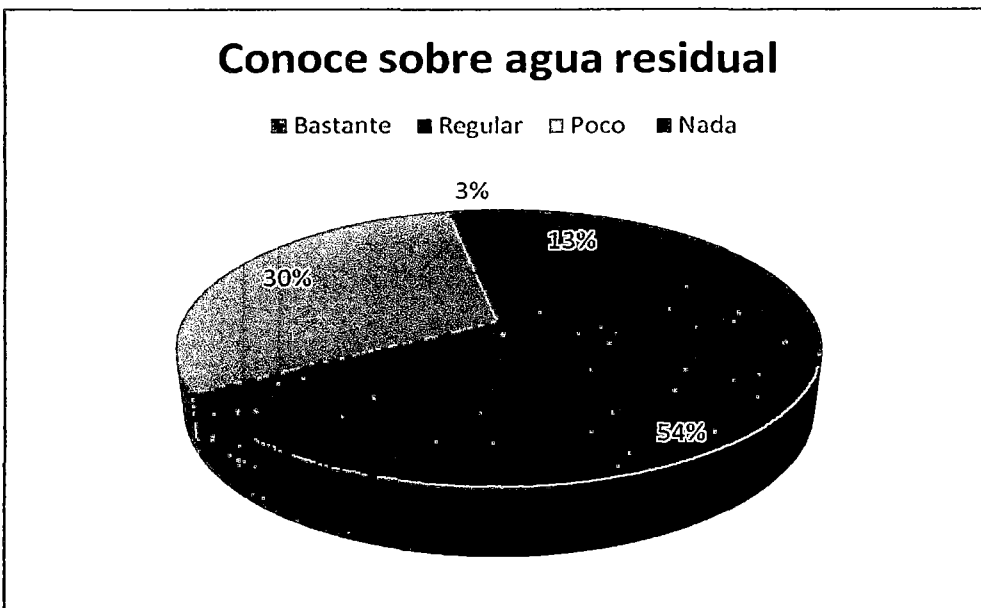
ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	N°	%
BASTANTE	4	13
REGULAR	16	54
POCO	9	30
NADA	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 1 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Resultado de la pregunta 1 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6A. Resultado de la pregunta 1 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 1: Conoce sobre agua residual o agua servida o agua negra.

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 13 % contestó que si conoce bastante, el 54 % contestó que conoce regular, el 30% contestó que conoce poco y el 3 % contestó que no conoce nada de agua residual. En consecuencia, de lo antes mencionado se puede apreciar que la mayoría del personal de infraestructura conoce regularmente sobre agua residual.

## PREGUNTA 2.

¿Cual de las alternativas es la más adecuada sobre agua residual?

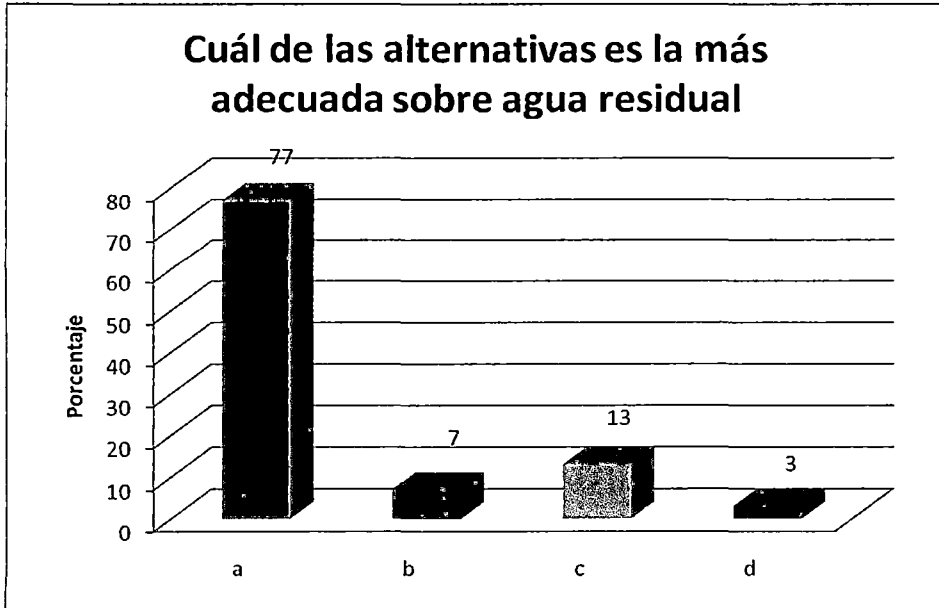
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura realmente conoce sobre agua residual o agua servida o agua negra.

El resultado de la pregunta 2 de la encuesta, se muestra en la Tabla XVII, Figura 7 y Figura 7A.

**Tabla XVII. Cual de las alternativas es la más adecuada sobre agua residual o agua servida o agua negra.**

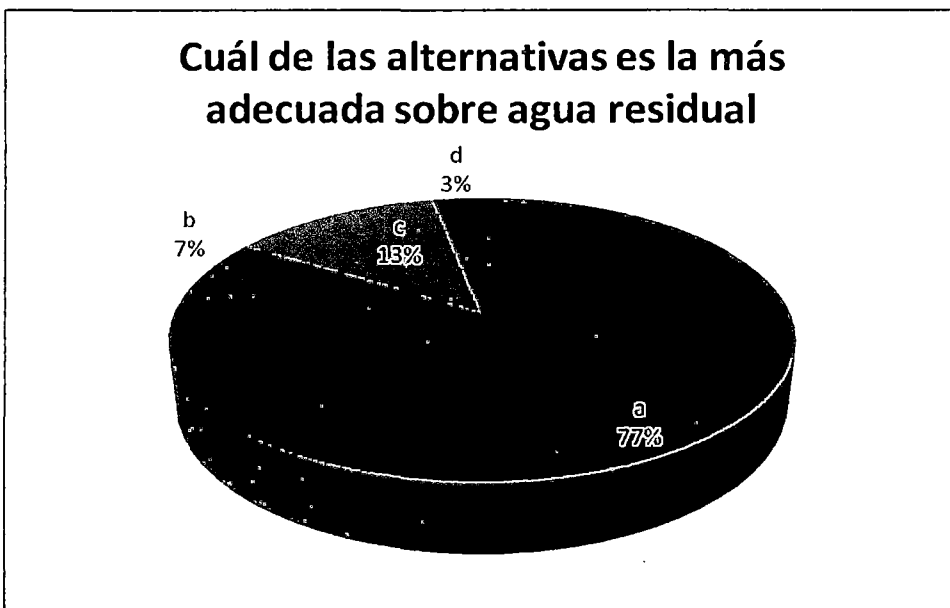
ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	N°	%
a. Son los residuos líquidos y sólidos provenientes de las viviendas, edificios e instituciones.	23	77
b. Son los residuos sólidos provenientes de las viviendas.	2	7
c. Ninguna de las anteriores.	4	13
d. No se.	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 2 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Resultado de la pregunta 2 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7A. Resultado de la pregunta 2 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 2: ¿Cuál de las alternativas es la más adecuada sobre agua residual?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 77% contestó la alternativa correcta que indica son los residuos líquidos y sólidos provenientes de las viviendas, edificios e instituciones, el 7 % tiene un conocimiento deficiente de agua residual, el 13 % no conoce sobre agua residual y el 3 % no tiene ningún conocimiento de agua residual.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que la mayoría tiene un conocimiento real de agua residual.

### **PREGUNTA 3.**

¿Sabe la diferencia entre agua potable y agua residual?

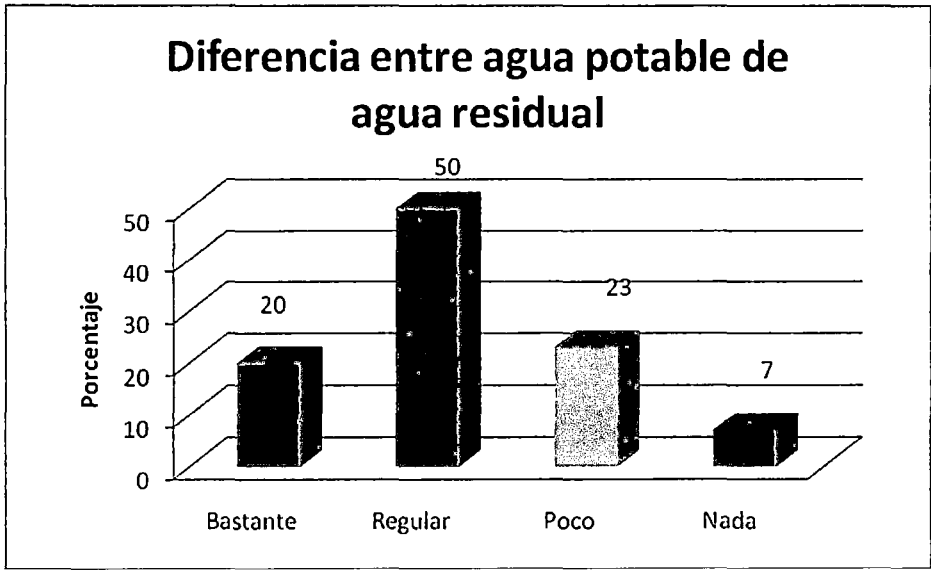
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura sabe la diferencia entre agua potable y agua residual.

El resultado de la pregunta 3 de la encuesta, se muestra en la Tabla XVIII, Figura 8 y Figura 8A.

**Tabla XVIII. Saben la diferencia entre agua potable y agua residual.**

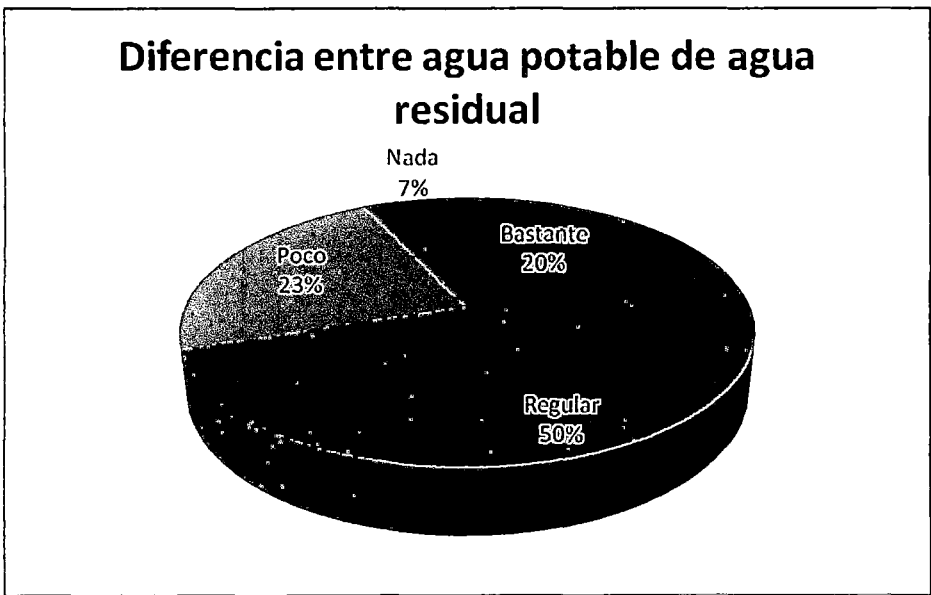
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	<b>N°</b>	<b>%</b>
BASTANTE	6	20
REGULAR	15	50
POCO	7	23
NADA	2	7
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 3 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Resultado de la pregunta 3 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8A. Resultado de la pregunta 3 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 3: ¿Sabe la diferencia entre agua potable y agua residual?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 20 % sabe bastante la diferencia entre agua potable y agua residual, el 50 % sabe regularmente dicha diferencia, el 23 % sabe poco y 7 % no sabe la diferencia entre agua potable y agua residual.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que la mayoría sabe regularmente la diferencia entre agua potable de agua residual.

#### **PREGUNTA 4.**

Tacna al estar en una zona desértica. ¿Está de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico (agua)?

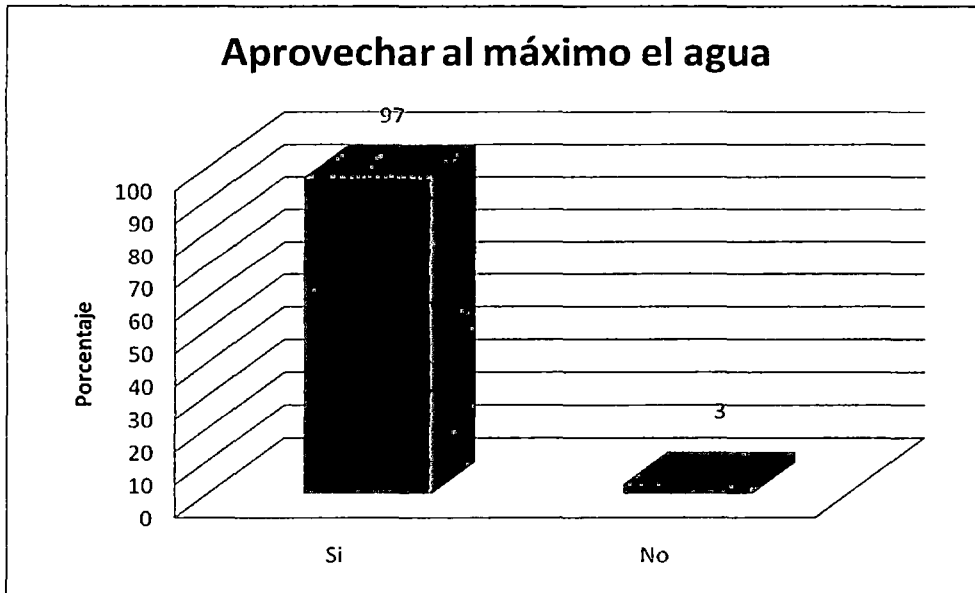
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura está de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico (agua).

El resultado de la pregunta 4 de la encuesta, se muestra en la Tabla XIX, Figura 9 y Figura 9A.

**Tabla XIX. Esta de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico.**

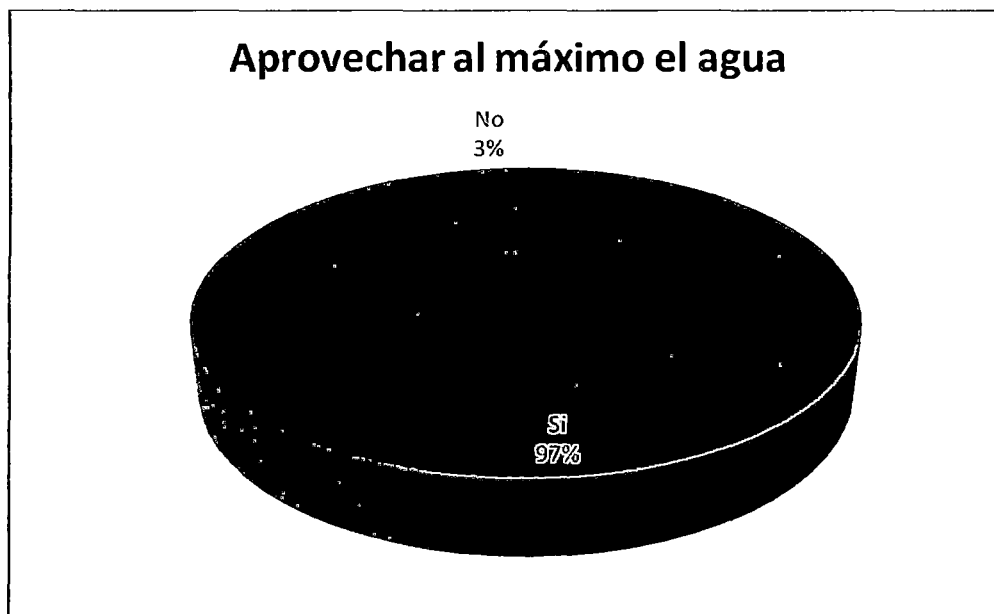
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	<b>N°</b>	<b>%</b>
Si	29	97
No	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 4 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Resultado de la pregunta 4 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9A. Resultado de la pregunta 4 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 4: ¿Tacna al estar en una zona desértica, está de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico (agua)?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 97 % si está de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico (agua) y el 3 % no están de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que la mayoría está de acuerdo en aprovechar al máximo el recurso hídrico.

### **PREGUNTA 5.**

¿Está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG?

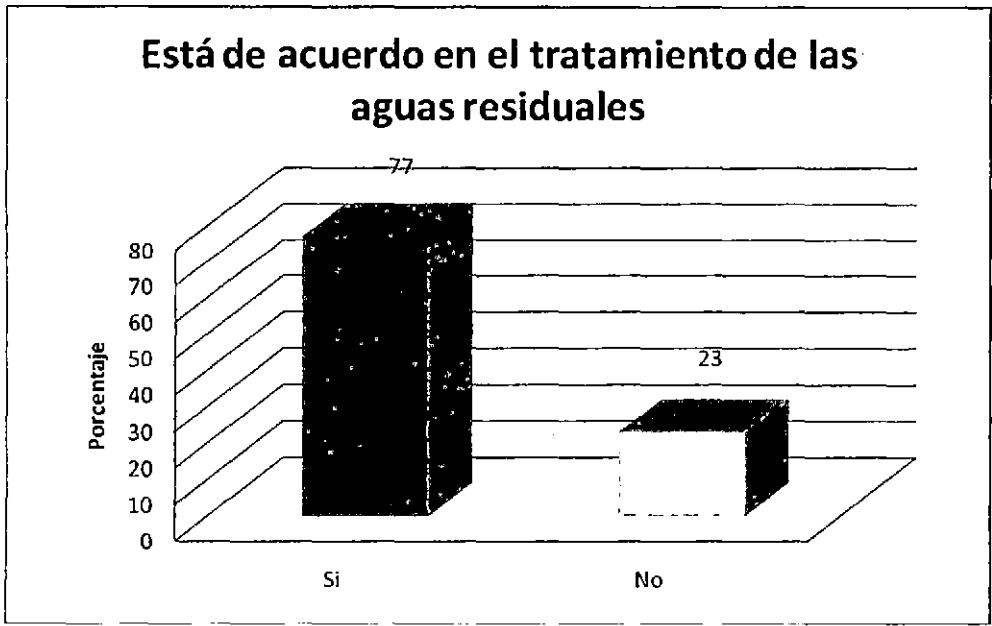
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG.

El resultado de la pregunta 5 de la encuesta, se muestra en la Tabla XX, Figura 10 y Figura 10A.

**Tabla XX. ¿Está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG?**

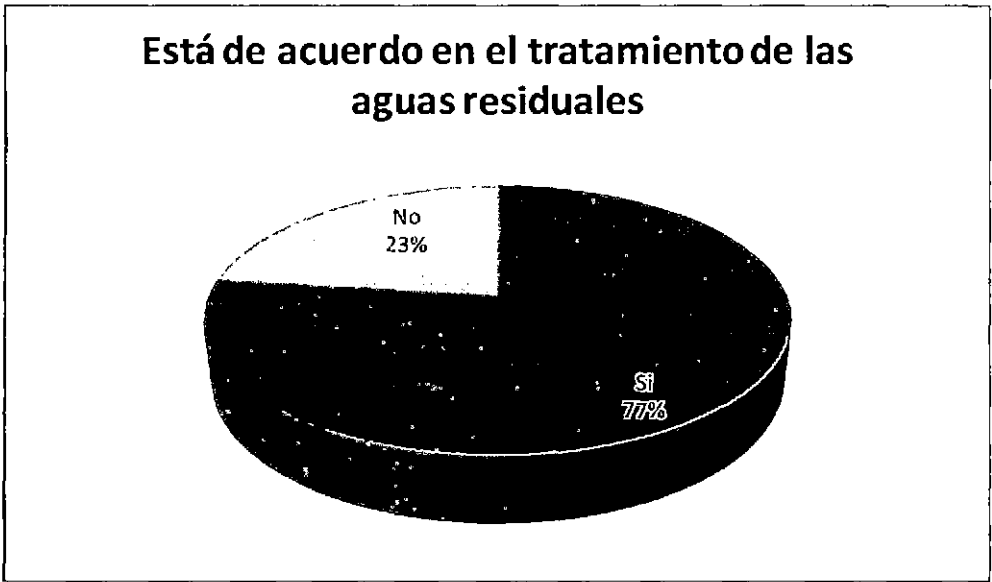
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	<b>N°</b>	<b>%</b>
Si	23	77
No	7	23
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 5 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Resultado de la pregunta 5 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10A. Resultado de la pregunta 5 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 5: ¿Está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 77 % si está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria y el 23 % no está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que la mayoría está de acuerdo en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad universitaria de UNJBG.

**PREGUNTA 6.**

¿Está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes?

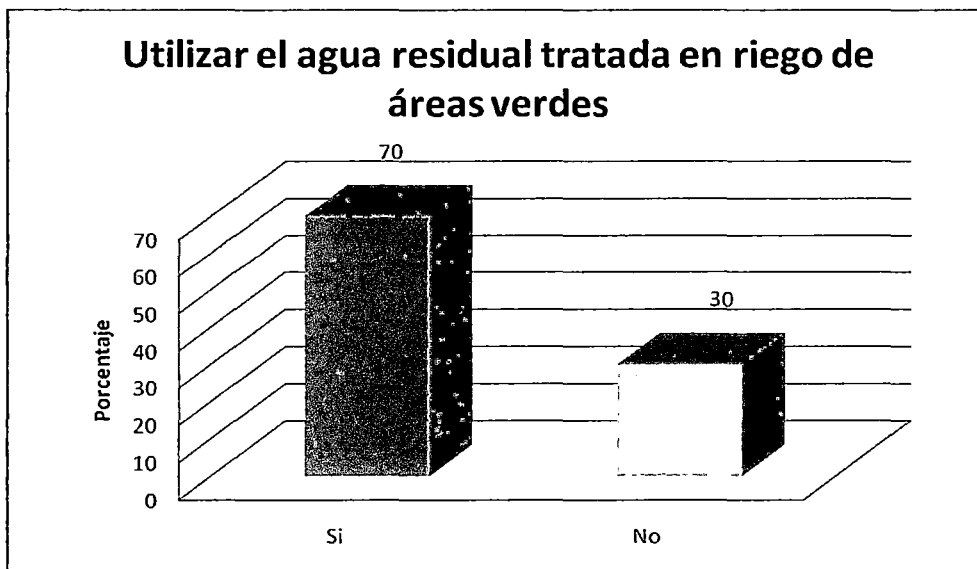
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes.

El resultado de la pregunta 6 de la encuesta, se muestra en la Tabla XXI, Figura 11 y Figura 11A.

**Tabla XXI. Está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes.**

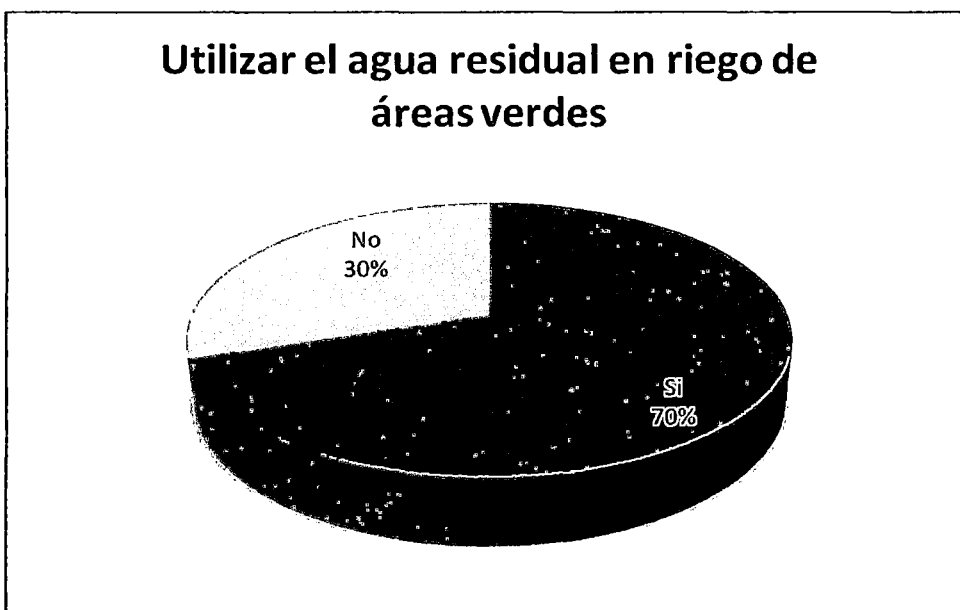
ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	N°	%
Si	21	70
No	9	30
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 6 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Resultado de la pregunta 6 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11A. Resultado de la pregunta 6 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 6: ¿Está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 70 % si está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes, y el 30 % no está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que la mayoría está de acuerdo en utilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes.

### **PREGUNTA 7.**

¿Beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera?

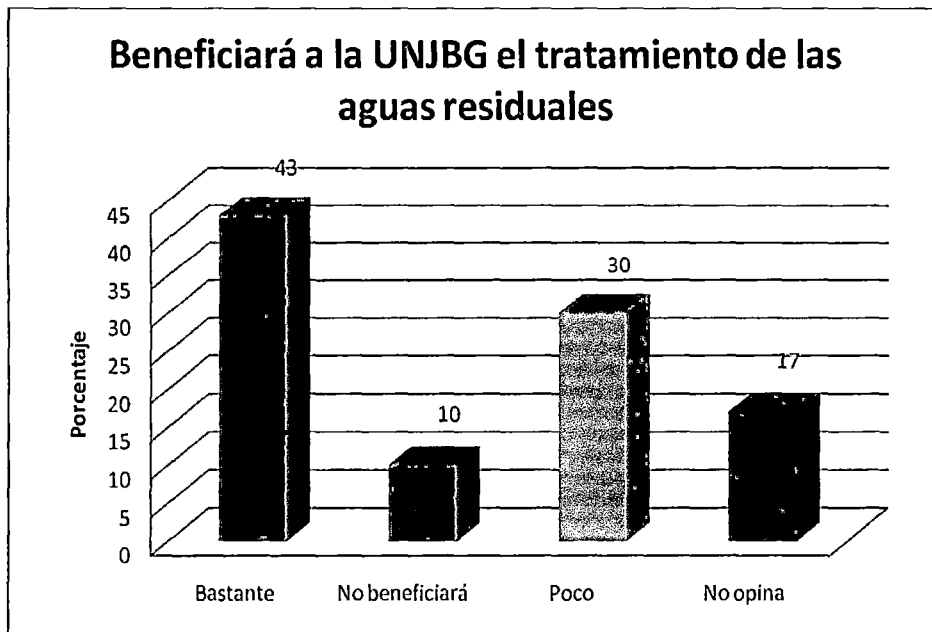
**Objetivo:** Determinar si beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera.

El resultado de la pregunta 7 de la encuesta, se muestra en la Tabla XXII, Figura 12 y Figura 12A.

**Tabla XXII. ¿Beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera?**

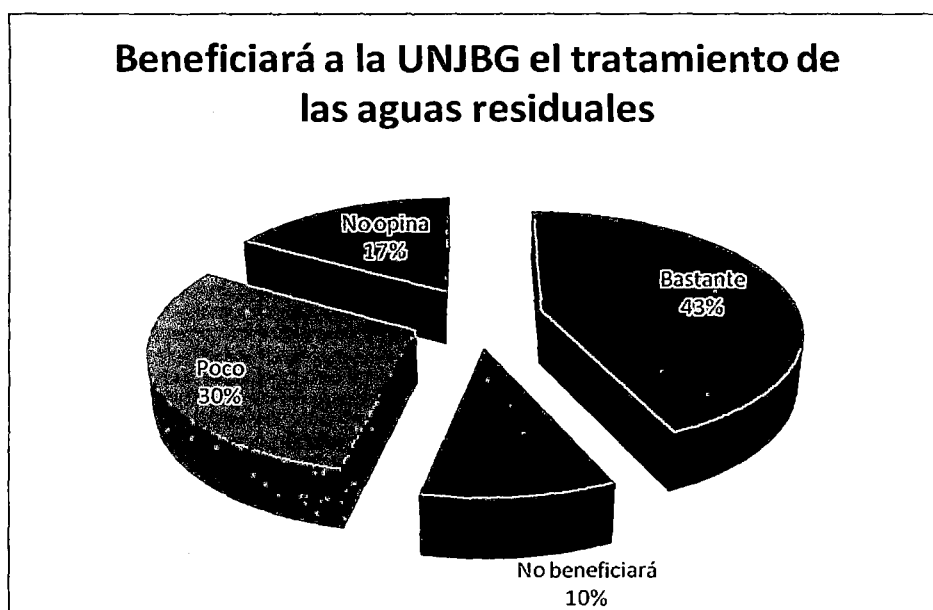
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	<b>N°</b>	<b>%</b>
Bastante	13	43
No beneficiará	3	10
Poco	9	30
No opina	5	17
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 7 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Resultado de la pregunta 7 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12A. Resultado de la pregunta 7 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 7: ¿Beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 43 % indica que beneficiará bastante a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera, el 10 % indica que no beneficiará, el 30 % que beneficiará poco a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera y 17 % no opina.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que el 43 % (mayor porcentaje) indica que beneficiará a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales que genera.

**PREGUNTA 8.**

¿Cómo Beneficiará a la UNJBG el tratamiento de sus aguas residuales?

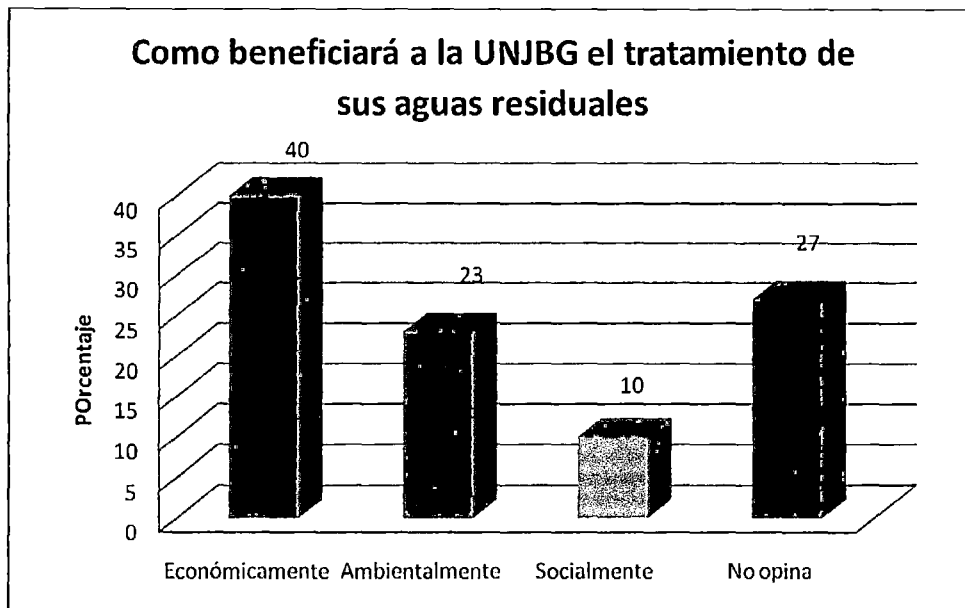
**Objetivo:** Determinar cómo beneficiará a la UNJBG el tratamiento de sus aguas residuales.

El resultado de la pregunta 8 de la encuesta, se muestra en la Tabla XXIII, Figura 13 y Figura 13A.

**Tabla XXIII. ¿Como beneficiará a la UNJBG el tratamiento de sus aguas residuales?**

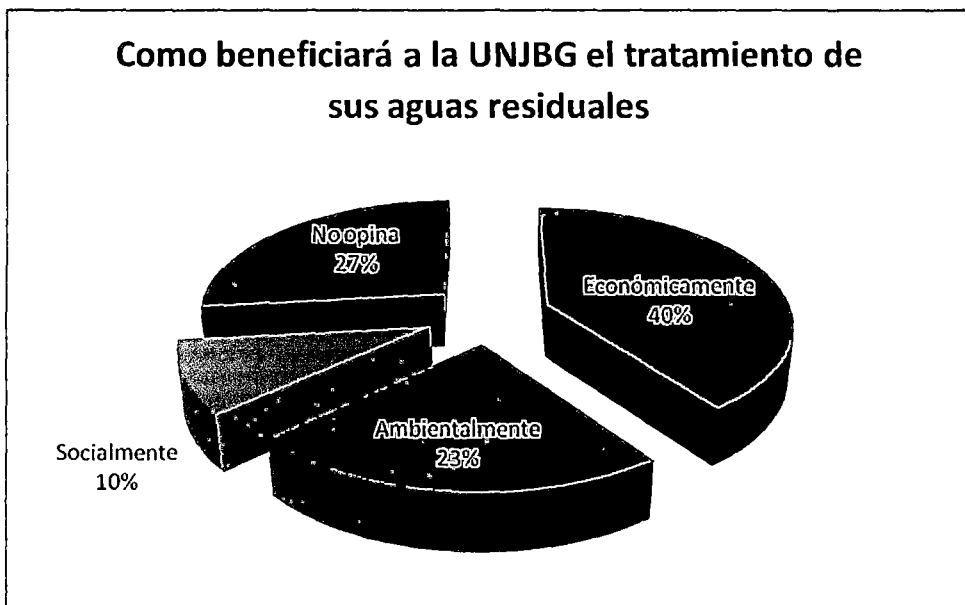
ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	N°	%
Económicamente	12	40
Ambientalmente	7	23
Socialmente	3	10
No opina	8	27
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 8 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Resultado de la pregunta 8 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13A. Resultado de la pregunta 8 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 8: ¿Cómo beneficiará a la UNJBG el tratamiento de sus aguas residuales?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 40 % indica que beneficiará económicamente a la UNJBG el tratamiento de las aguas residuales, el 23 % indica que beneficiará ambientalmente, el 10 % beneficiará socialmente y el 27 % no opina al respecto.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que el mayor beneficio a la UNJBG es el económico, donde ya no se usará agua potable para el riego de áreas verdes, si no agua residual tratada.

### **PREGUNTA 9.**

¿Conoce algún tratamiento del agua residual para reutilizarlo en riego de áreas verdes?

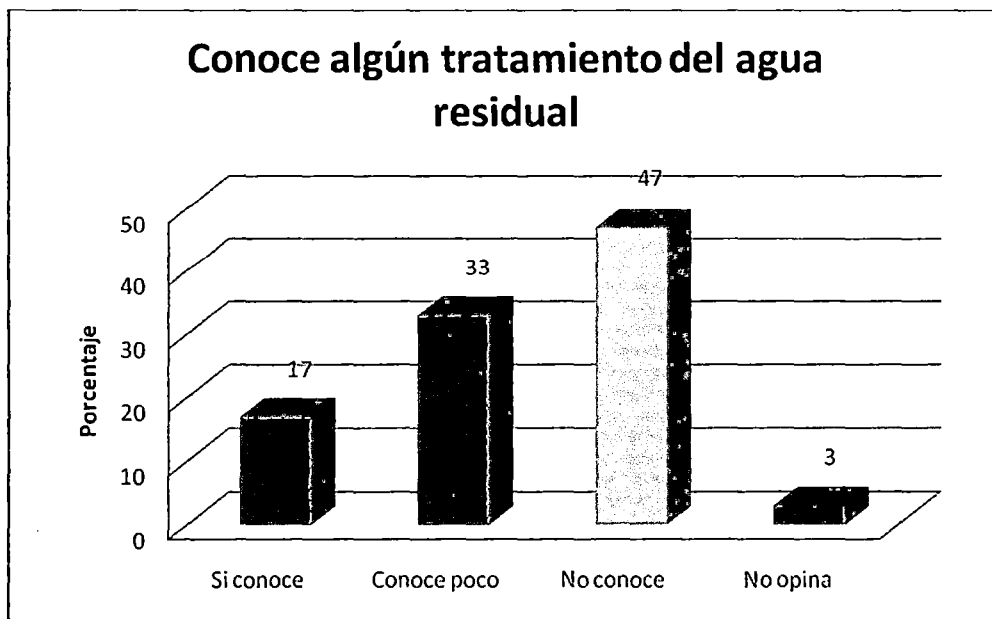
**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura conoce algún tratamiento del agua residual para reutilizarlo en riego de áreas verdes.

El resultado de la pregunta 9 de la encuesta, se muestra en la Tabla XXIV, Figura 14 y Figura 14A.

**Tabla XXIV. Conoce algún tratamiento del agua residual para reutilizarlo en riego de áreas verdes.**

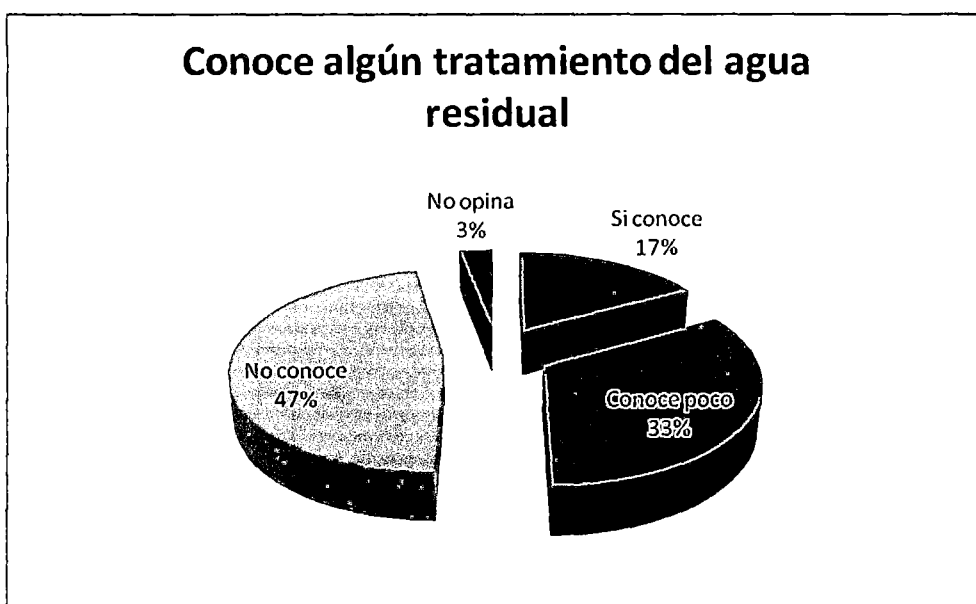
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	<b>N°</b>	<b>%</b>
Sí conoce	5	17
Conoce poco	10	33
No conoce	14	47
No opina	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 9 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Resultado de la pregunta 9 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14A. Resultado de la pregunta 9 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 9: ¿Conoce algún tratamiento del agua residual para reutilizarlo en riego de áreas verdes?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 17 % indica que si conoce algún tratamiento del agua residual para reutilizarlo en riego de áreas verdes, el 33 % indica que conoce poco, el 47 % indica que no conoce tratamiento de agua residual y el 3 % no opina al respecto.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que hay un buen porcentaje (47%) que no conoce tratamiento del agua residual para reutilizarlo en riego de áreas verdes.

**PREGUNTA 10.**

¿Está de acuerdo en crear un comité u organización que se encarguen de velar por el medio ambiente en la UNJBG?

**Objetivo:** Determinar si el personal que labora en el área de infraestructura está de acuerdo en crear un comité u organización que se encargue de velar por el medio ambiente en la UNJBG.

El resultado de la pregunta 10 de la encuesta, se muestra en la Tabla XXV, Figura 15 y Figura 15A.

**Tabla XXV. Está de acuerdo en crear un comité u organización que se encarguen de velar por el medio ambiente en la UNJBG.**

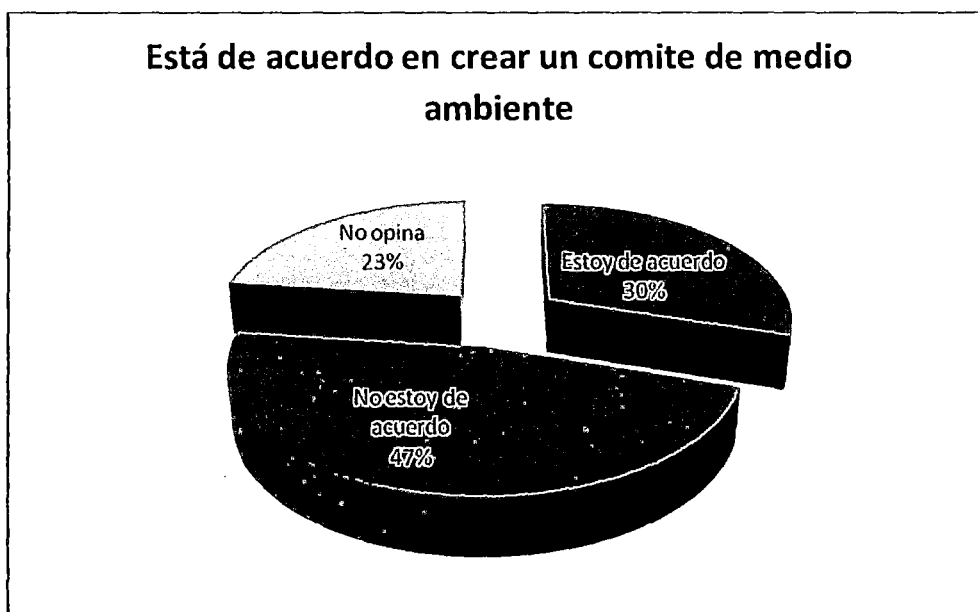
ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	Nº	%
Estoy de acuerdo	9	30
No estoy de acuerdo	14	47
No opina	7	23
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a la pregunta 10 de la Encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Resultado de la pregunta 10 de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15A. Resultado de la pregunta 10 de la encuesta.

➤ **Análisis e interpretación de los resultados.**

Según la pregunta 10: ¿Está de acuerdo en crear un comité u organización que se encargue de velar por el medio ambiente en la UNJBG?

Los resultados obtenidos del 100 % de la muestra de 30 encuestados, el 30 % indica que está de acuerdo en crear un comité u organización que se encargue de velar por el medio ambiente en la UNJBG, el 47 % indica que no está de acuerdo y el 23 % no opina al respecto.

En consecuencia de lo anteriormente señalado se puede apreciar que hay un buen porcentaje (47%) que no está de acuerdo en crear un comité u organización que se encargue de velar por el medio ambiente en la UNJBG.

#### **4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

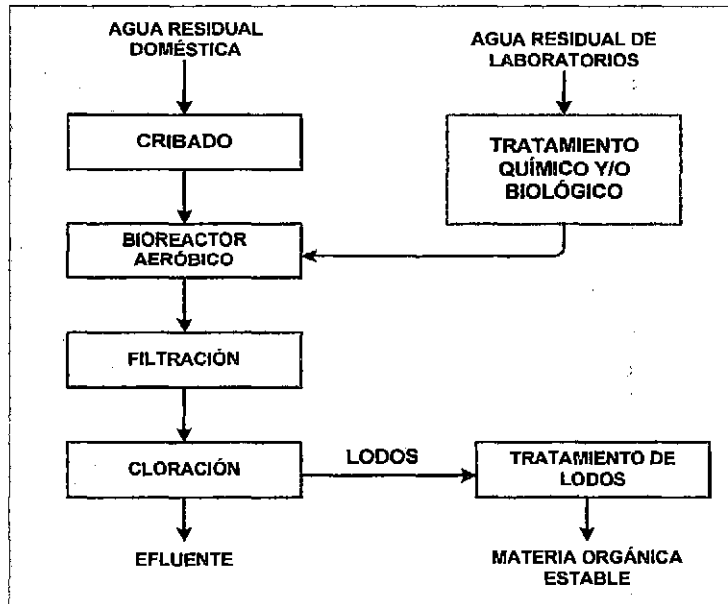
Los resultados obtenidos tanto en la parte experimental como en las encuestas concuerdan con la hipótesis planteada, por lo tanto queda contrastada.

#### **4.4. APLICACIÓN DE LODOS ACTIVADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

El tratamiento que se adecua a las aguas residuales de ciudad universitaria es biológico aeróbico; se debe tener en cuenta las aguas residuales generadas por lo diferentes laboratorios y/o talleres que primeramente se les debe dar un tratamiento adecuado para eliminar sustancias toxicas.

La parte fundamental del tratamiento de aguas residuales es el bioreactor aeróbico. La planta de tratamiento de aguas residuales opera bajo proceso biológico de Lodos Activados con aireación completa mediante un innovativo proceso de generación de microburbujas de aire que aporta el oxigeno que requieren las colonias microbianas de tipo aeróbicas capaces de degradar la materia orgánica que contiene el agua residual.

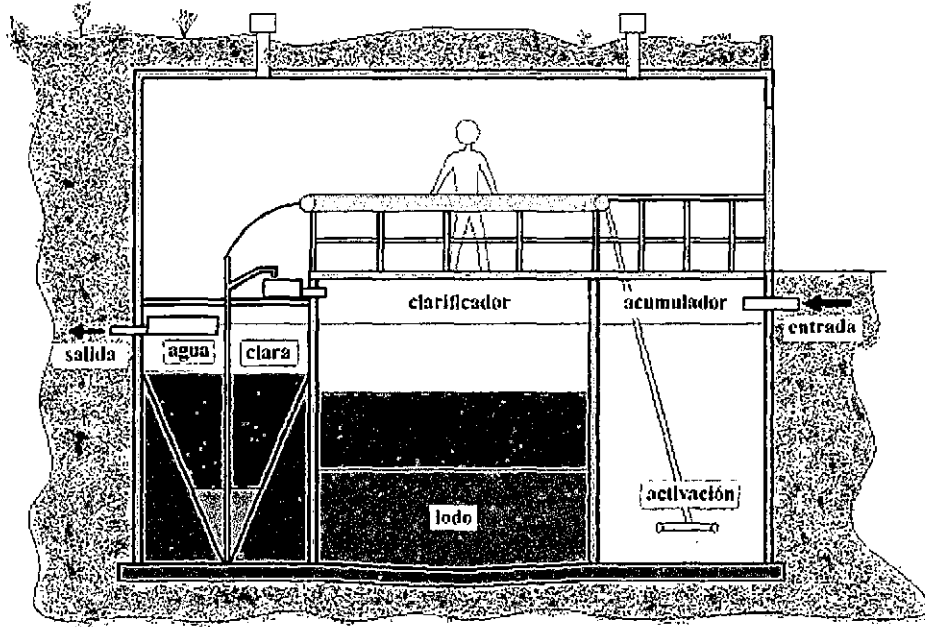
El bioreactor aeróbico consta de una cuba de activación donde se realiza la aireación a presión elevada; el clarificador donde los fangos o lodos se deslizan al fondo y posteriormente son aspirados y transportados a un canal para su posterior tratamiento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de flujo para tratamiento de aguas residuales en la ciudad universitaria de la UNJBG.

**PLANTA RECICLADORA DE AGUAS SERVIDAS  
SISTEMA BOKAN - WOLFBAUER**

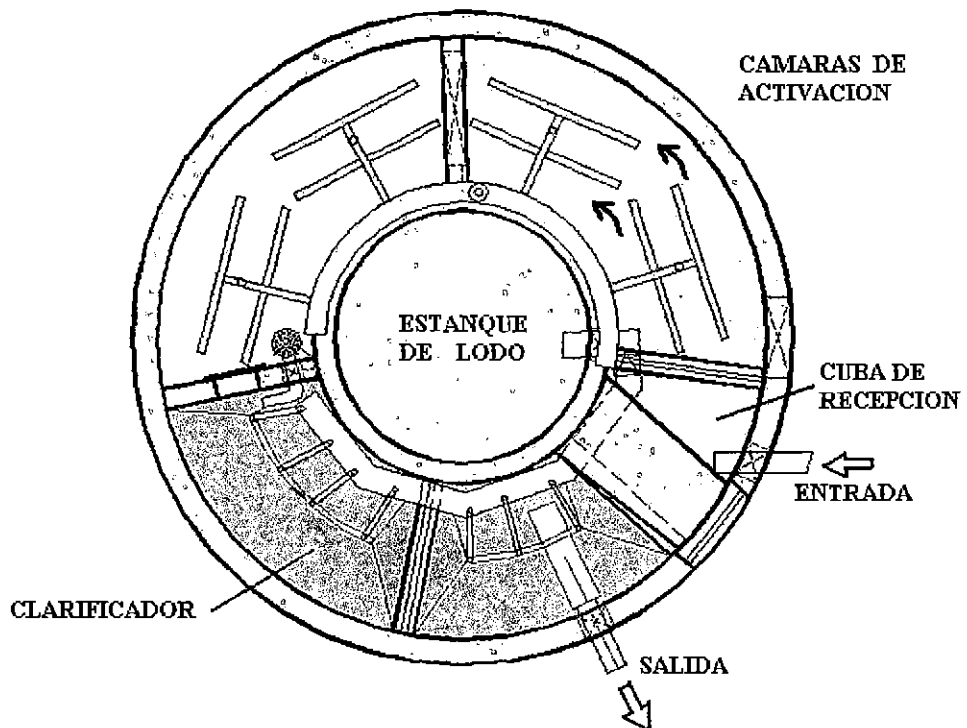


Fuente: Sapiain, A. R. 2005.

Figura 17. Vista Frontal de Planta de tratamiento de agua residual por lodos activados

(Sistema Bokan-Wolfbauer)

**PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS  
SISTEMA BOKAN - WOLFBAUER**



Fuente: Sapiain, A. R. 2005.

Figura 18. Vista Superficial de Planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados (Sistema Bokan-Wolfbauer)

## **4.5. PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES.**

### **4.5.1. INTRODUCCIÓN.**

Muchos centros educativos de nivel superior como universitarios e institutos se encuentran implementando campañas de educación ambiental, en algunos casos se encuentran diseñando y en otros ya tiene plantas de tratamiento de aguas residuales como la Universidad de Tarapacá en Arica, donde el agua residual tratada la utilizan para regar áreas verdes.

La contaminación del agua cobra gran importancia en la necesidad de preservar el medio ambiente, puesto que los contaminantes pueden ser acumulados y transportados, afectando directamente la salud del hombre, la vida silvestre y el medio ambiente. Es por eso que la mayoría de la sociedad en conjunto (autoridades, técnicos y población, etc.) toma conciencia y busca alternativas de solución para minimizar la contaminación; por consiguiente es necesario dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales, para posteriormente reutilizarlo en riego de áreas verdes; lo cual traerá beneficio para la UNJBG ya sea de tipo económico, ambiental, etc.

Según el Decreto Ley N° 17752 Nueva Ley General de Aguas en el Artículo 9° dice textualmente: Declárese de necesidad y utilidad pública: conservar, preservar e incrementar los recursos hídricos; regularizar el régimen

de las aguas, obtener una racional, eficiente, económica y múltiple utilización de los recursos hídricos; promover, financiar y realizar las investigaciones, estudios y obras necesarias para tales fines. Teniendo en cuenta esta definición es necesario tratar las aguas residuales y reutilizarlas en riego de áreas verdes lo cual beneficiará económicamente y ambientalmente a la UNJBG.

#### **4.5.2. DIAGNÓSTICO.**

La UNJBG no cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental de residuos sólidos o líquidos, por lo tanto no hay manejo de estos residuos. La generación de residuos líquidos o aguas residuales en ciudad universitaria de la UNJBG se debe al uso doméstico y de los diferentes laboratorios que tiene la universidad; a estas aguas residuales no se les da tratamiento alguno y son vertidos al alcantarillado municipal. A las aguas residuales provenientes de los laboratorios primeramente se les debe dar un tratamiento químico y/o biológico y posteriormente juntarlo con el agua residual proveniente del uso doméstico para darle un tratamiento adecuado hasta obtener agua residual apta para el riego de áreas verdes en ciudad universitaria.

A continuación tenemos un diagnóstico del agua potable y agua residual:

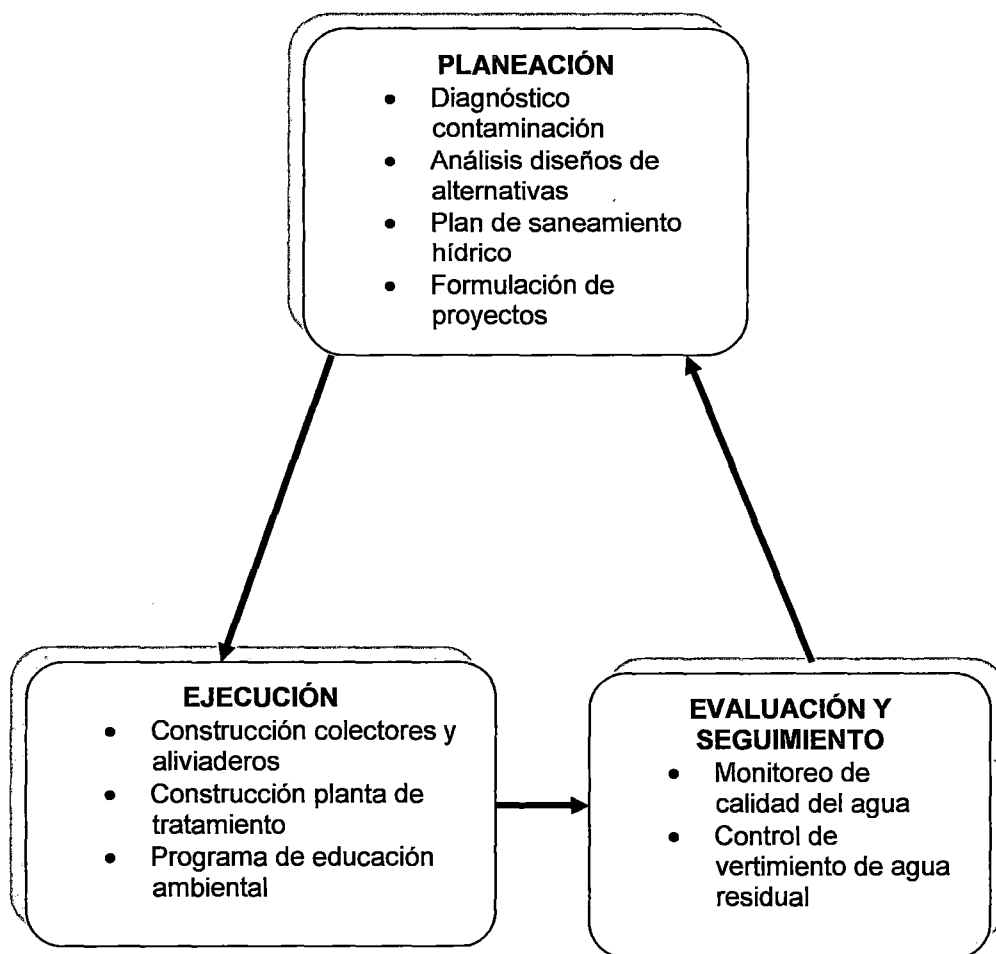
- Se pierde buena cantidad de agua potable en los servicios higiénicos por encontrarse en deterioro los inodoros y tener accesorios deteriorados.

- Las aguas residuales de los laboratorios se junta con el agua residual doméstico.
- Las aguas residuales de la UNJBG son vertidos a diferentes alcantarillados que se ubican en las avenidas Miraflores y Cuzco; eso indica que no tienen un colector común.
- La UNJBG no cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos y Líquidos.
- La UNJBG no tiene una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Falta cultura ambiental en la población universitaria, eso es notorio porque a veces dejan abierto válvulas de lavatorios donde se pierde agua.

#### **4.5.3. PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES EN CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNJBG.**

El presente trabajo pretende dar un diagnóstico para la implementación de saneamiento de las aguas residuales para su reutilización en áreas verdes en ciudad universitaria de la UNJBG.

Los modelos de gestión ambiental planteados actualmente están basados en un proceso sistémico continuo de retroalimentación y ajuste, dichos modelos tienen claramente unos componentes definidos. Para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales se reconocen los componentes de Gestión clásicos: planeación, ejecución y seguimiento.



Fuente: Viña, V. G. 2002.

Figura 19. Etapas de la Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de aguas residuales.

#### **4.5.4. PROPUESTA DE UNA GUÍA DE GESTION DE AGUAS RESIDUALES.**

La Gestión para el Manejo y Tratamiento de las Aguas Residuales no se reduce simplemente al tratamiento de dichas aguas, debe trascender a una gestión más integral reflejada en la reducción de cantidad de vertimientos, control de la calidad de los vertidos, ampliación de la cobertura de recolección, formulación de planes maestros de saneamiento, gestión de los proyectos de inversión, construcción de la infraestructura de tratamiento, seguimiento sanitario y ambiental y programas de educación ambiental.

Los aspectos más importantes sobre el manejo de las aguas residuales se resumen en una Guía, que presenta la siguiente estructura:

##### **I) INTRODUCCIÓN.**

##### **II) DIAGNÓSTICO GENERAL, DEL MANEJO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

En este punto es necesario obtener un diagnóstico representativo respecto al Manejo y Tratamiento de Aguas Residuales, con la finalidad de orientar recursos o fortalecer la gestión institucional. Aunque la presente Guía es de carácter local es importante reconocer que tiene una visión más allá de los límites locales, amplía las propuestas de gestión y

prioriza el accionar ambiental de acuerdo a los modelos experimentados por otras instituciones; comprende lo siguiente:

- a) Problemática ambiental.
- b) Problemática socioeconómica.
- c) Características de las aguas residuales.

### **III) MARCO DE GESTIÓN PARA EL MANEJO Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

Frente a la problemática de contaminación por los vertimientos de aguas residuales, la universidad debe evaluar las posibilidades que faciliten adelantar acciones de control y mitigación ambiental. Para ello es importante definir un marco de gestión que jerarquice y armonice las actividades necesarias para alcanzar resultados satisfactorios en un plazo adecuado. En este punto esta referido a las leyes y normas que rigen el tratamiento de aguas residuales y comprende lo siguiente:

- a) Marco de políticas.
- b) Marco institucional.
- c) Marco conceptual.

#### **IV) INSTRUMENTOS DE GESTIÓN PARA EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

En este punto se debe considerar que para realizar una adecuada gestión se deben aplicar instrumentos de carácter normativo, planificador, técnico, económico, financiero y administrativo; a continuación se presentan algunos instrumentos:

- a) Instrumentos normativos.
- b) Instrumentos de planificación.
- c) Instrumentos técnicos.

#### **V) FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE GESTIÓN PARA EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES.**

En este punto se debe considerar de qué institución se va a conseguir el financiamiento para desarrollar estos proyectos de gestión para el manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales.

#### **VI) CONCLUSIONES PARA ADELANTAR UNA ADECUADA GESTIÓN EN EL MANEJO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

## **CONCLUSIONES**

1. El agua residual tiene un caudal promedio de 2 L/s y reúne las siguientes características: color turbio lechoso, olor desagradable, pH está en el rango de 7,35 a 8,18 y la Demanda Bioquímica del Oxígeno está en el rango de 150 mg/L a 235 mg/L.
2. El agua residual tratada reúne las características para ser reutilizada en el riego de áreas verdes, con una Demanda Bioquímica de Oxígeno de 14 mg/L y Oxígeno Disuelto de 4,5 mg/L; estos valores están en el rango que corresponde a Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales (III).
3. Los resultados experimentales obtenidos permiten proponer un sistema de gestión ambiental para un reuso seguro; y obtenemos el modelo matemático que está dado por la ecuación:  
 **$OD = 5,16667 + 0,09T + 0,14F - 0,004TF$**   
Donde: OD: oxígeno disuelto; T: tiempo de aireación; F: flujo de aire; con un coeficiente de correlación R-cuadrado = 99,0177 por ciento.

4. Del tratamiento de aguas residuales se obtiene lodos, los cuales tratados adecuadamente se puede obtener un mejorador de suelos, por su contenido de nutrientes y materia orgánica.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a las autoridades de la UNJBG ordenar hacer un estudio detallado de las aguas residuales y lodos, generados en los diversos laboratorios, con el fin de identificar a las sustancias tóxicas y posteriormente eliminarlos.
2. Se recomienda que las autoridades de la UNJBG asuman esta propuesta de Gestión para el tratamiento y reuso de las aguas residuales, y que se lleve a la práctica.
3. Se recomienda que los lodos obtenidos sean utilizados como mejorador de suelos en las diferentes áreas verdes que posee la UNJBG.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (1) ALLEMAN, JAMES. ***The génesis and evolution of activated sludge technology, West Lafayette.*** IN 47907-1284. USA 1987.
- (2) ARELLANO DIAZ, J. ***Introducción a la Ingeniería Ambiental.*** Alfa Omega Grupo Editores S.A. de C.V. México 2002.
- (3) ARMAS RAMIREZ, C; ARMAS ROMERO, C. ***Tecnología ambiental.*** Apli Graf S.R.L. Trujillo-Perú 2002.
- (4) ARUNDEL, J. ***Tratamiento de aguas negras y efluentes industriales.*** Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España 2002.
- (5) BARTONE, C.R. ***Reutilización de aguas residuales en las lagunas de estabilización de San Juan de Miraflores; repercusiones sanitarias, ambientales y socioeconómicas.*** Oficina Sanitaria Panamericana, 105. México 2001.
- (6) BOLETÍN ESTADÍSTICO N° 19-2007. UNJBG
- (7) CABALLERO, PEDRO, J. ***Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho.*** Undécima edición. Editorial Interamericana S.A. México 1963.
- (8) CÁCERES, JULIA. ***Evaluación analítica y optimización de procesos de oxidación avanzada en planta piloto solar.*** Universidad de Almería. 2002.

- (9) CRITES, TCHOBANOGLOUS. **Tratamiento de aguas residuales.** McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá 2004.
- (10) DAVIS MACKENZIE, L; MASTEN SUSAN, J. **Ingeniería y ciencias ambientales.** McGraw-Hill. Interamericana Impreso en México 2005.
- (11) DUNPHY, NIALL. **An investigative study of an activated sludge wastewater treatment plant.** p. 4 – 21. University of Limerick. Ireland 1997.
- (12) FAIR, GEYER, OKUN. **Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales.** Primera edición Limusa. México 1979.
- (13) FERRERO J. H. **Depuración biológica de las aguas.** Editorial Alhambra, Madrid 1974.
- (14) FLOREZ GARCÍA, NORITA. **Estudio parasitológico en la población aledaña a las lagunas de San Juan de Miraflores.** Asesor: Blga. Margarita Aurazo de Zumaeta. Tesis de grado. Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú 1987.
- (15) HENRY; HEINKE; GARY. **Ingeniería Ambiental.** Prentice Hall, México 1999.
- (16) JIMENO BLASCO, E. **Análisis de aguas y desagües.** Segunda edición. Ediciones Banco de Libros, oficina central de Bienestar Universitario, UNI 1998.
- (17) KIRCHMER C, YAÑEZ. **Reuso de Agua para fines de Irrigación** CEPIS, Lima, Perú 1983.

- (18) LARA BORRERO, A. **Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales.** Tesis de Postgrado Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona-España 1999.
- (19) LEÓN SUEMATSU, GUILLERMO; MOSCOSO CAVALLINI, JULIO; (1996). **Curso de Tratamiento y uso de aguas residuales.** CEPIS; Lima, Perú.
- (20) METCALF & EDDY, INC. **Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización.** Primera Edición. McGraw-Hill Interamericana. España 1995.
- (21) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES. **Manual de depuración por lagunaje de aguas residuales. Monografías de la Secretaría de Estado para las políticas del agua y el medio ambiente.** Madrid, España 1991.
- (22) MIRANDA, JAIME. **Tratamiento analítico de las aguas servidas.** Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, p 13 – 14. Universidad de Chile. Santiago-Chile 2002.
- (23) MOSCOSO CAVALLINI, J; NAVA CUETO, H. **Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan.** Sección III: Acuicultura. CEPIS/OPS, Lima, Perú 1992.
- (24) NAVARRO, ANA. **Tratamiento para las aguas usadas. Calidad de agua.** Extensión Marina, Programa Sea Grant. Puerto Rico 2000.

- (25) NOMDEDEU, OSCAR. ***Protozoos como Indicadores en Sistemas de Tratamiento. Ingeniería Sanitaria y Ambiental.*** Núm. 19, p. 52-59. Buenos Aires-Argentina 1995.
- (26) ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). ***Aprovechamiento de efluentes: Métodos y medidas de protección sanitaria en el tratamiento de aguas servidas.*** Ser. Inf. Tec. N° 517. Ginebra 1973
- (27) ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. ***Directrices sanitarias sobre el uso aguas residuales en agricultura y acuicultura.*** Serie Informes Técnicos 778. Trad. OPS, OMS, Ginebra-Suiza 1989.
- (28) RAMALHO, R. S. ***Tratamiento de aguas residuales.*** Editorial Reverte S.A. Barcelona-España 2003
- (29) RODIER, J. ***Análisis de Aguas.*** Ediciones Omega S.A. Barcelona 1990.
- (30) ROMERO ROJAS, JAIRO A. ***Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño.*** Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá 2004.
- (31) RON CRITES ET AL. ***Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados.*** Editorial Mac Graw Hill Interamericana S.A. Colombia 2000.

- (32) SAPIAIN ARAYA, R; FUENTES MAYA, M. ***Planta de tratamiento de aguas servidas por lodos activados.*** Sistema Bokan-Wolfbauer. "INGENIERÍA I.T.C.E. LTDA. Arica-Chile 2005.
- (33) SEOAÑEZ CALVO, MARIANO. ***Manual de tratamiento reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias.*** Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España 2003.
- (34) SOTO VELÁSQUEZ, M. ***Diseño del proceso e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio, provenientes de la línea de producción de químicos para lavandería de una planta industrial.*** Guatemala 2007.
- (35) SUEROS, ROGER. ***Estudio de prefactibilidad para la Instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales por el método de lodos activados en la ciudad de Tacna.*** Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann 2007.
- (36) VIÑA, VISCAINO G. ***Aguas residuales municipales.*** Gestión ambiental urbana-Figau. Colombia 2002.
- (37) WINKLER. ***Tratamiento biológico de aguas de desecho.*** Editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores 1994.
- (38) ZAPATER R. J. M. ***Reutilización de aguas residuales para la agricultura.*** Rev. Bibliográfica para el CEPIS. Lima 1980.
- (39) RODRIGUEZ, JUAN; MIRANDA, PEDRO. ***Tratamiento avanzado de aguas industriales.*** Disponible en: [www.aguasresiduales](http://www.aguasresiduales) 09-11-07

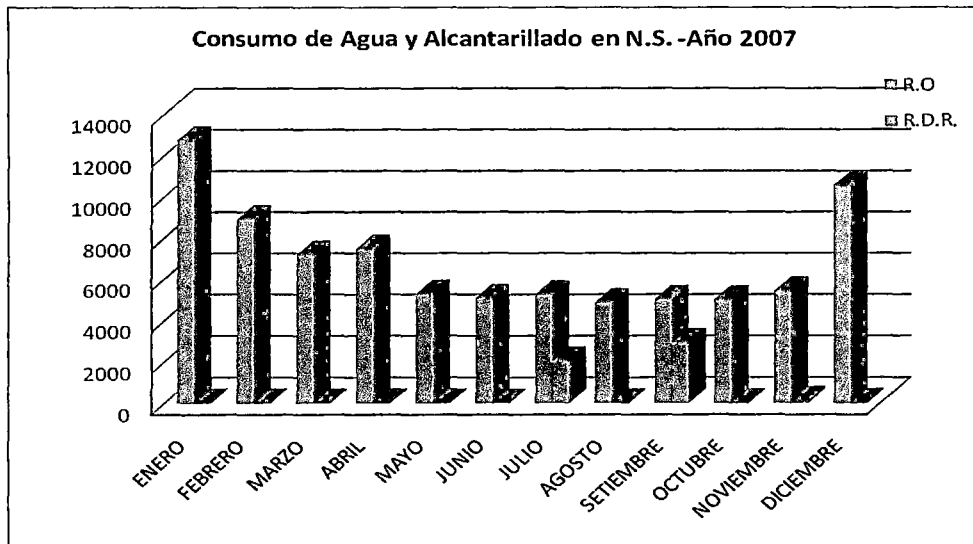
## **ANEXOS**

## ANEXO A

### CONSUMO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE LA UNJBG. EPS AÑO 2007

TRIMESTRE	DEPENDENCIAS	DOC. AUTORIZACIÓN	FUENTE FINANCIAMIENTO		SUB TOTAL
			RO	RDR	
ENERO	Varios	Calendario	12714,24	0	12714,24
FEBRERO	Varios	Calendario	8898,41	0	8898,41
MARZO	Varios	Calendario	7163,26	0	7163,26
TOTAL					28775,91
ABRIL	Varios	Calendario	7446,62	0	7446,62
MAYO	Varios	Calendario	5259,47	0	5259,47
JUNIO	Varios	Calendario	5056,23	0	5056,23
TOTAL					17762,32
JULIO	Varios	Calendario	5229,09	2031,46	7260,55
AGOSTO	Varios	Calendario	4846,00	0	4846,00
SETIEMBRE	Varios	Calendario	5000,00	2911,75	7911,75
TOTAL					20018,30
OCTUBRE	Varios	Calendario	4987,55	2114,13	7101,68
NOVIEMBRE	Varios	Calendario	5413,36	99,7	5513,06
DICIEMBRE	Varios	Calendario	10516,93	0	10516,93
TOTAL			82531,16	7157,04	23131,67

Fuente: Oficina de Logística/UAB. Boletín Estadístico N°19-2007.



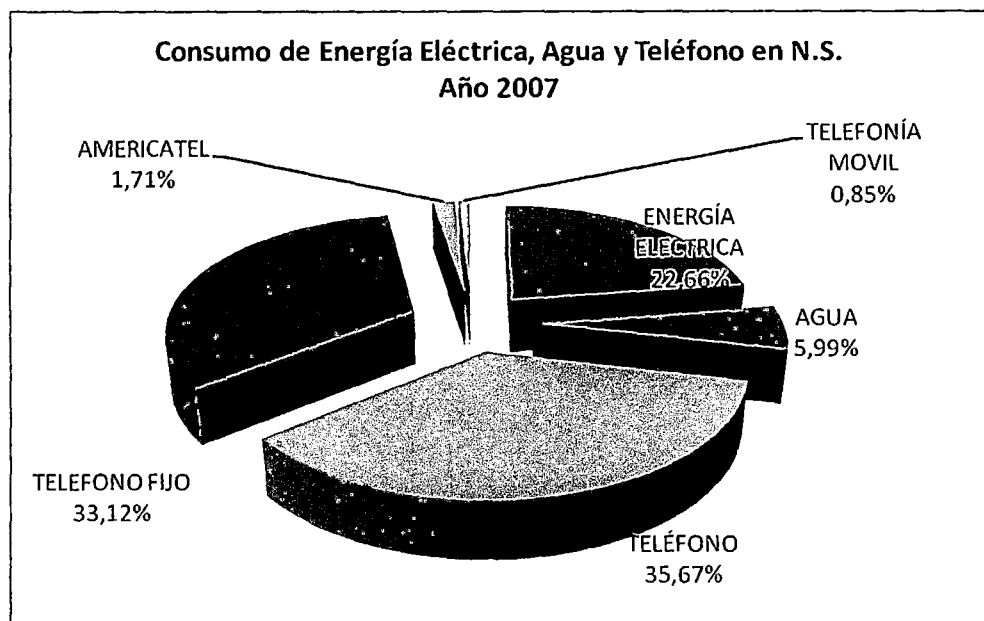
**ANEXO B**  
**RESUMEN DE SERVICIOS DE LA UNJBG- AÑO 2007**

DESCRIPCIÓN	R.O.	R.D.R.	TOTAL	PORCENTAJE
ENERGÍA ELÉCTRICA	212083,05	127094,81	339177,86	22,66%
AGUA	82531,16	7157,04	89688,20	5,99%
TELÉFONO	228688,68	305305,76	533994,44	35,67%
TELÉFONO FIJO	226209,80	269568,11	495777,91	33,12%
AMERICATEL	1264,76	24267,13	25531,89	1,71%
TELEFONÍA MOVIL	1214,12	11470,52	12684,64	0,85%
<b>TOTAL</b>	<b>751991,57</b>	<b>744863,37</b>	<b>1496854,94</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Oficina de Logística/UAB. Boletín Estadístico N°19-2007.

RO: Recursos Ordinarios.

RDR: Recursos Directamente Recaudados.

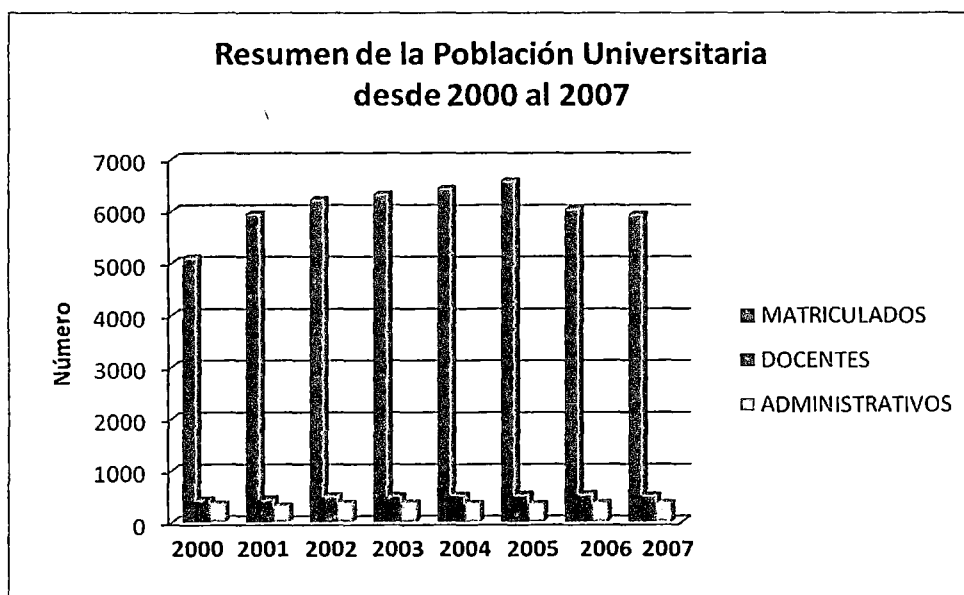


**ANEXO C  
RESUMEN DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA**

**AÑOS: 2000 a 2007**

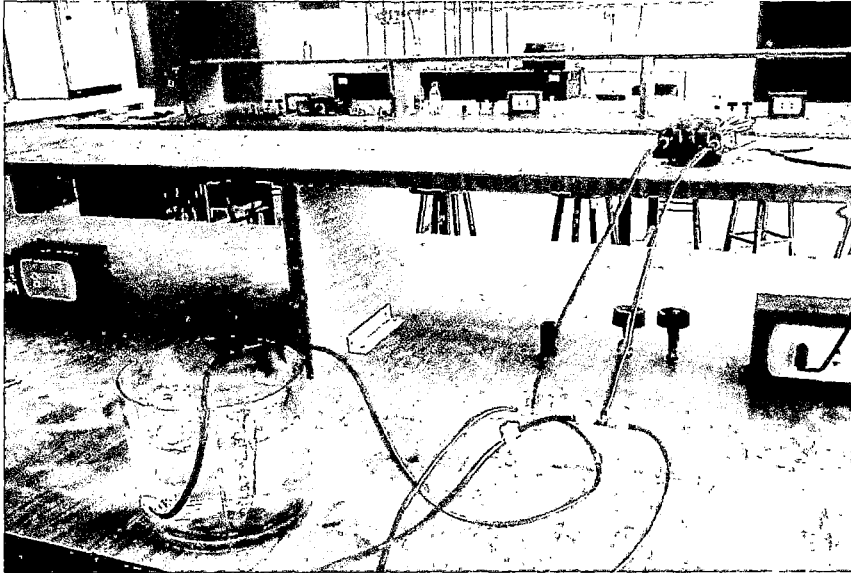
<b>Años</b>	<b>Matriculados</b>	<b>Docentes</b>	<b>Administrativos</b>	<b>Total</b>
2000	5105	431	355	5891
2001	5951	454	317	6722
2002	6222	505	372	7099
2003	6324	516	375	7215
2004	6433	526	359	7318
2005	6582	539	354	7475
2006	6043	546	369	6958
2007	5936	521	369	6826

Fuente: Boletín Estadístico N° 17-2006.

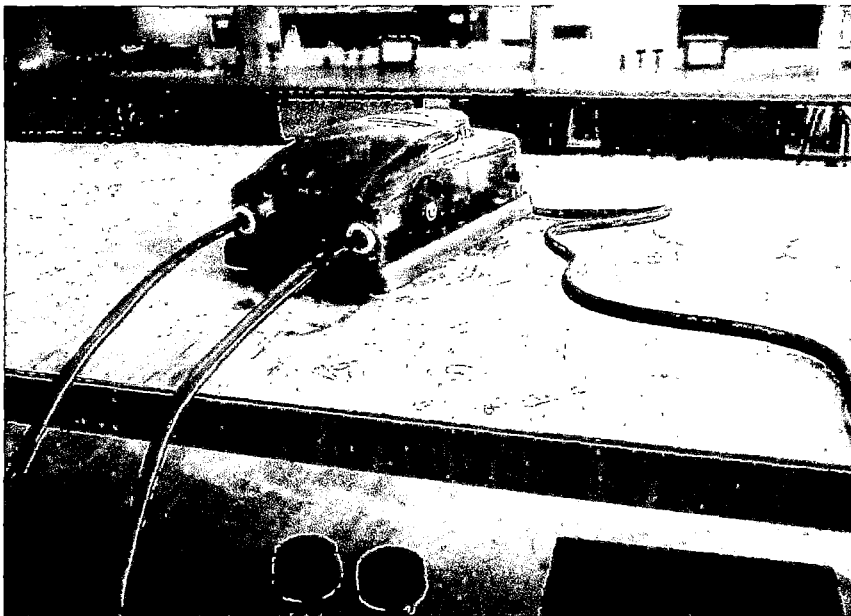


**ANEXO D**

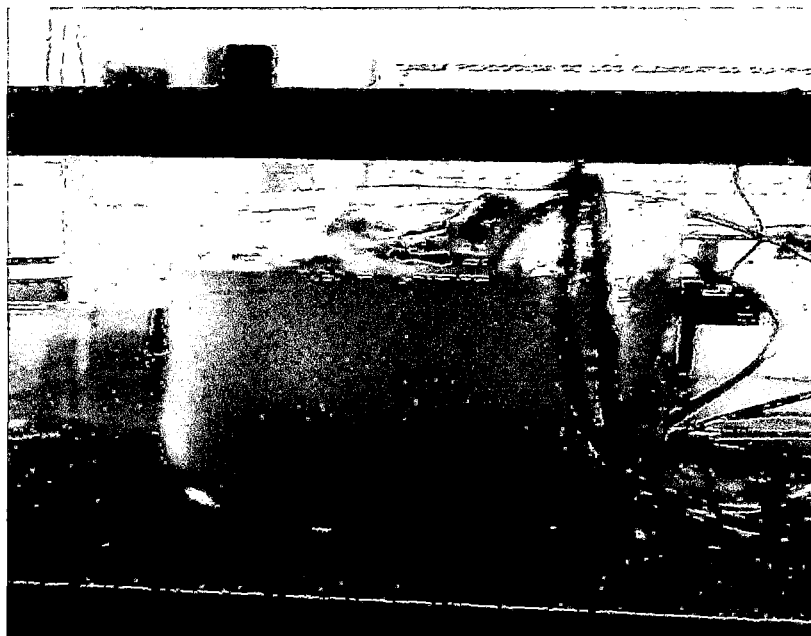
**FOTOS DEL EXPERIMENTO**



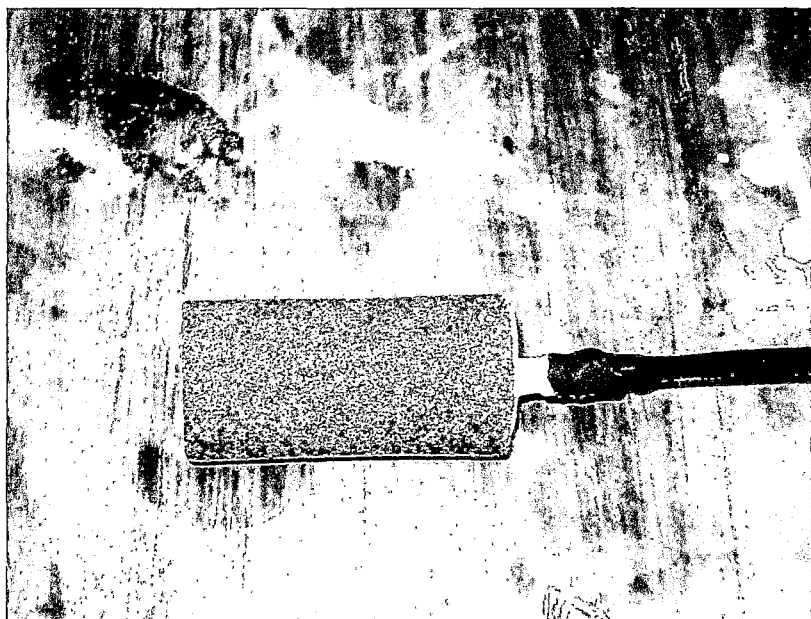
**Foto 1. Bioreactor para el tratamiento de agua residual.**



**Foto 2. Motor que suministra aire al Bioreactor.**



**Foto 3. Agua residual, color turbio.**



**Foto 4. Difusor para suministrar aire.**