

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD "EL TEJAR  
BALBANERA " EN GUAMOTE**

Autor: XIMENA RASHELL CAZORLA VINUEZA

Tutor: PhD. Iván Ríos

**Riobamba - Ecuador**

**Año 2018**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación: "**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD "EL TEJAR BALBANERA " EN GUAMOTE**". Presentado por Ximena Rashell Cazorla Vinueza y dirigida por PhD. Iván Ríos.

Los miembros del tribunal, luego de haber receptado el trabajo por escrito, y su defensa oral, constataron el cumplimiento de las observaciones realizadas y se remite el presente para uso y custodia en la biblioteca de la Universidad Nacional de Chimborazo.

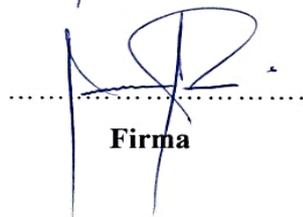
Para constancia de lo expuesto firman:

Msc. Mauro Jiménez  
**Miembro del Tribunal**



.....  
**Firma**

PhD. Iván Ríos  
**Tutor del Proyecto de Investigación**



.....  
**Firma**

PhD. Benito Mendoza  
**Miembro del Tribunal**

.....  
**Firma**

Dra. Anita Mejía  
**Presidente del Tribunal**

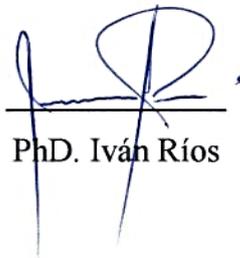


.....  
**Firma**

## DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Por la presente, certifico que el actual trabajo de investigación previo a la obtención de grado de Ingeniero Ambiental, elaborado por la señorita por Ximena Rashell Cazorla Vinueza con el tema: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD "EL TEJAR BALBANERA " EN GUAMOTE"**. Fue analizado y supervisado bajo mi asesoramiento permanente en calidad de guía y tutor, por lo que se encuentra apto para ser presentado y defendido.

Es todo lo que puedo informar en honor a la verdad.

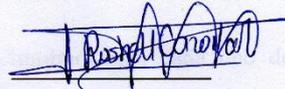


PhD. Iván Ríos

## AUTORIA DE LA INVESTIGACION

Yo, Ximena Rashell Cazorla Vinueza, soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas en el presente trabajo de investigación y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional De Chimborazo.

Primeramente doy las gracias a Dios que me ha guiado y protegido en el transcurso de los 5 años de vida universitaria, gracias a mis padres que fueron la inspiración para cumplir mis metas, a mi hermano que es mi compañero y amigo.



**Ximena Cazorla**

**060408025-9**

A la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme las facilidades y motivación a ser mejor cada día. A los docentes que cada semestre me brindan conocimientos y experiencias. A mi tutor Ing. Iván Ríos, a mis asesores de tribunal Ing. Benito Mendoza y Mauro Jiménez por guiarme en la ejecución y desarrollo del trabajo de titulación.

A la fundación Caritas Richeamba por brindarme las facilidades para desarrollar mi tema de investigación junto al grupo de amigos de Bélgica: Sebastián, Marianne, Pablo y Martín.

## **AGRADECIMIENTO**

La carrera no es una competición  
de velocidad sino de resistencia

*Filipenses 3: 14*

Primeramente doy las gracias a Dios que me ha guiado y protegido en el transcurso de los 5 años de vida universitaria, gracias a mis padres que fueron la inspiración para cumplir mis metas, a mi hermano que es mi compañero y amigo.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a cada uno de los docentes que cada semestre me impartieron sus conocimientos y motivaron a ser mejor cada día. A la Dra. Anita Mejía, mi tutor Ing. Iván Ríos, a mis miembros de tribunal Ing. Benito Mendoza y Mauro Jiménez por guiarme en la ejecución y desarrollo del trabajo de titulación.

A la fundación Cáritas Riobamba por brindarme las facilidades para desarrollar mi tema de investigación junto al grupo de amigos de Bélgica: Mathilde, Marianne, Pablo y Martín.

## DEDICATORIA

Con mucha alegría dedico este trabajo de investigación a mi abuelita Olguita que aunque ya no me acompaña, sé que se sentiría orgullosa por este momento especial.

A mi madre Ximena por el apoyo incondicional, responsabilidad en el hogar, el ejemplo de lucha y perseverancia para alcanzar los sueños, una mujer increíble que es el principal motivo de ser mejor cada día.

“Que nunca te abandonen  
el amor y la verdad”  
*(Proverbios 3:3)*

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1	Problemática en la comunidad "El Tejar Balbanera" .....	8
2.	OBJETIVOS.....	9
2.1	Objetivo General.....	9
2.2	Objetivos Específicos .....	9
3.	ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	10
3.1.	Agua Residual.....	10
3.2.	Características generales del Agua residual.....	11
3.2.1.	Características Físicas.....	11
3.2.2.	Características Químicas .....	12
3.3.	Industria Láctea.....	13
3.3.1.	Agua Residual de una Industria Láctea .....	14
3.4.	Tratamiento de Aguas Residuales.....	15
3.5.	Sistema de Tratamiento .....	16
3.5.1.	Desbaste.....	16
3.5.2.	Sedimentador .....	16
3.5.3.	Tratamiento Biológico.....	17
3.6.	Razones para reutilizar aguas residuales.....	23
4.	METODOLOGÍA.....	25
4.1.	Tipo de Estudio.....	25
4.2.	Área de estudio .....	25
4.2.1.	Ubicación.....	26
4.2.2.	Precipitación y Temperatura Ambiente .....	26
4.3.	Población y Muestra .....	28
4.4.	Operacionalización de Variables .....	28
4.5.	Caracterización del Agua.....	30
4.5.1.	Método de muestreo .....	30
4.5.2.	Caracterización del Agua Residual.....	31
4.6.	Dimensionamiento del sistema de tratamiento para agua residual .....	33

5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
5.1.	Georreferenciación de la comunidad .....	34
5.2.	Ejecución de las encuestas a la población.....	34
5.3.	Caracterización del Agua Residual .....	36
5.4.	Sensibilización a la comunidad.....	40
5.5.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento biológico .....	41
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
6.1.	Conclusiones.....	44
6.2.	Recomendaciones .....	46
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
	GLOSARIO.....	51
	ANEXOS.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta y alzado de un sedimentador convencional.....	17
Figura 2. Humedal de flujo Superficial. ....	17
Figura 3. Humedal de flujo Superficial. ....	18
Figura 4. Wetland Subsuperficial Horizontal. ....	18
Figura 5. Plantas acuáticas.....	21
Figura 6. Sistema de reutilización de Aguas residuales. ....	24
Figura 7. Parámetros de Investigación. ....	25
Figura 8. Comunidad "El Tejar ". ....	25
Figura 9. Valores de Precipitación en la comunidad El Tejar. ....	27
Figura 10. Valores de Precipitación en la comunidad El Tejar. ....	27
Figura 11. Área de estudio delimitada Comunidad "El Tejar ". ....	34
Figura 12. Fotografías del desarrollo de las encuestas. ....	57
Figura 13. Modelo encuesta desarrollada en la comunidad El Tejar.....	58
Figura 14. Modelo encuesta desarrollada en la comunidad El Tejar parte II.....	59
Figura 15. Género de los habitantes. ....	60
Figura 16. Actividades de los miembros de la comunidad.....	60
Figura 17. Mes de Mayor Precipitación en la comunidad El Tejar. ....	60
Figura 18. Frecuencia con la que salen de la comunidad El Tejar. ....	61
Figura 19. Lugar y Frecuencia con la que lavan la ropa. ....	61
Figura 20. Litros de agua que ocupan al día.....	61
Figura 21. Servicios Básicos en la comunidad. ....	62
Figura 22. Servicios Sociales en la comunidad. ....	62
Figura 23. Dispone de Riego. ....	62
Figura 24. Conoce sobre las Aguas Residuales.....	63
Figura 25. Reutilizar el Agua para riego. ....	63
Figura 26. Fotografías de sensibilización del proyecto con la Comunidad.....	64
Figura 27. Caracterización de Muestras de Agua Residual vs Riego.....	65
Figura 28. Sólidos sedimentables, Demanda Bioquímica de Oxígeno, aceites y grasas, detergentes en Aguas Residuales.....	66
Figura 29. Resultados en los equipos. ....	67
Figura 30. Mapa de Agricultura en la comunidad. ....	68
Figura 31. Tanque plástico de 220 litros. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Géneros de Especies Vegetales. ....	21
Tabla 2. Especies pilotos en el sistema Wetland. ....	22
Tabla 3. Estaciones climatológicas principales más cercanas a la comunidad .....	26
Tabla 4. Variable Independiente.....	29
Tabla 5. Variable Dependiente. ....	30
Tabla 6. Técnicas metodológicas de ensayo y parámetros físico químicos analizados en el laboratorio.....	32
Tabla 7. Análisis fisicoquímico del efluente sin tratamiento biológico. ....	38
Tabla 8. Resultados de los parámetros Agua Residual de Quesera. ....	39
Tabla 9. Resultados del laboratorio. ....	40
Tabla 10. Resumen del Canal de Entrada. ....	41
Tabla 11. Resumen del Desbaste- Rejilla Fina. ....	41
Tabla 12. Resumen de Diseño del Sedimentador. ....	42
Tabla 13. Resumen de Diseño del Tratamiento Biológico.....	42
Tabla 14. Dotaciones recomendadas según población y clima. ....	69
Tabla 15. Conversión de unidades.....	70
Tabla 16. Parámetros para el diseño de rejillas. ....	71
Tabla 17. Tamaño de los barrotes.....	73

## RESUMEN

Al evaluar las condiciones de esta comunidad surge la necesidad de realizar la presente investigación tratando de cumplir con el sexto objetivo del Desarrollo Sostenible planteado por las Naciones Unidas "Agua Limpia y Saneamiento" (PNUD, 2018) y de contribuir al desarrollo del Buen Vivir planteado en nuestra Constitución Art. 28, siendo un referente para el resto de comunidades y con la importancia de la reutilización del agua, para promover el desarrollo y gestión coordinada de los recursos, para maximizar el bienestar económico, social y equitativo, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas, garantizado un suministro más fiable de agua de riego, se plantea la solución de un problema de contaminación por descarga de aguas residuales de la comunidad "El Tejar Balbanera".

La comunidad no dispone de alcantarillado, sus descargas de aguas grises son directamente a los cultivos. El agua de los inodoros descargan en pozos sépticos, lo que constituye focos de contaminación afectando a la salud del ser humano de forma directa e indirecta, debido a ello la importancia de considerar una disposición final adecuada para evacuar las aguas residuales de la comunidad.

Los resultados de la caracterización del agua residual al ser comparada con investigaciones similares reafirman la veracidad del presente trabajo, proyectando con certeza la siguiente propuesta, en la fase inicial un pretratamiento: desbaste por rejillas finas, adicional un sedimentador y finalmente un tratamiento biológico de tipo Wetland con dos series lechuguín acuático "Eichhornia Crassipes" y totora "Typha spp" como medida de bajo impacto ambiental y costos, se obtiene agua con reducción de las concentraciones  $DBO_5 = 413,4 \frac{mg}{L}$  a  $DBO_5 \text{ final} = 63,6 \frac{mg}{L}$ , cumpliendo con los límites permisibles estipulados en el Registro Oficial del Acuerdo Ministerial vigente 2015 (N<sup>a</sup> 097 A, "Criterios de calidad de aguas para riego agrícola").

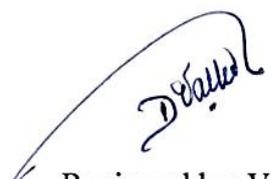
## Abstract

To evaluate the first-hand assessment of the the conditions of the community, the need arises to carry out the present research trying to fulfill the sixth objective of the Sustainable Development proposed by the United Nations "Clean Water and Sanitation" (UNDP, 2018) and to contribute to the development of the Good Living ("El Buen Vivir") proposed in our Constitution Art. 28, being a reference for the rest of communities and with the importance of water recycling , to promote the development and coordinated management of resources, to maximize economic, social and equitable welfare, without compromising sustainability of the ecosystems, guaranteeing a more reliable supply of irrigation water, the solution of a pollution problem due to the discharge of wastewater from the "El Tejar Balbanera" community is proposed.

The community does not have sewerage, its gray water runs directly to the crops. The water in the toilets are discharged into septic tanks, which is the principal source of contamination affecting the health of the human beings directly and indirectly, so that the importance of considering an adequate final disposal to evacuate the residual waters of the community.

The results of the characterization of the residual water when compared with similar researches reaffirm the veracity of the present work, projecting with certainty the following proposal, in the initial phase a pretreatment: roughing by fine grids, additional a settler and finally a biological treatment of type Wetland with two series "Eichhornia Crassipes" and Totora "Typha spp." As a measure of low environmental impact and costs, water is obtained with reduction of the concentrations  $BOD_5 = 413.4 \text{ mg / L}$  to final  $BOD_5 = 63.6 \text{ mg / L}$ , complying with the permissible limits stipulated in the Official Register of the Ministerial Agreement in force 2015 (No. 097 A, " Water quality criteria for agricultural irrigation ").

**Keywords:** Clean water, sanitation, water recycling, irrigation.

  
Reviewed by: Valle, Doris

**Language Center teacher**



## **1. INTRODUCCIÓN**

La calidad del agua es un factor determinante en el bienestar humano. El crecimiento de la población, el incremento en la actividad económica y la búsqueda de una mejor calidad de vida, conducen a conflictos y a una creciente competencia por el recurso hídrico. La combinación de desigualdad social y marginalidad económica, obligan a las personas que viven en la extrema pobreza a sobreexplotar los recursos; estas acciones sumadas a la falta de medidas de control, influyen en la degradación.

Las aguas residuales representan un peligro y deben ser desechadas porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos patógenos. Al ser lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento o desinfección suelen contaminarlos con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos.

El tratamiento de aguas residuales es un conjunto de operaciones de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación, obteniendo agua con las características adecuadas para su uso. (Mendoza, 2008)

### **Situación del Agua en el Ecuador**

El agua en el Ecuador fue privatizada hace décadas, en realidad siglos atrás, por la concentración y acaparamiento histórico del agua, una herencia colonial del saqueo y del despojo de la naturaleza que continúa profundizándose. El agua beneficia a los propietarios de grandes extensiones de tierras en desmedro de las unidades pequeñas, situación que tiene una correlación directa con la propiedad de la tierra. Lo mismo se puede establecer de los sistemas de riego. Los caudales adjudicados por el Estado han mantenido esta inequidad estructural, de la misma manera ha ocurrido con la inversión del Estado en sistemas de riego que estuvo orientada a favorecer a las tierras bajas en manos de grandes propietarios de tierras.

Existe un grave problema de contaminación y destrucción de fuentes de agua. Según datos oficiales, la mayoría de los ríos debajo de los 2.000 metros están contaminados, alrededor del 92% de los municipios del país no tienen sistema de tratamiento de basura y de aguas servidas, y éstas van a parar a los ríos. Por otra parte, existen dificultades para controlar la calidad de agua, hay un déficit en sistemas de tratamiento de aguas servidas, en protección de fuentes de agua.

La mayor parte de servicio de agua en el sector rural lo realizan juntas de agua y comunidades campesinas o indígenas que han construido, mantenido y administrado los sistemas de agua, al igual que los sistemas de riego. (Buitrón, 2010)

### **1.1 Problemática en la comunidad "El Tejar Balbanera"**

La comunidad El Tejar Balbanera , está ubicada en el cantón Guamote a 40 km al sur de la ciudad de Riobamba, las familias tienen problemas ambientales con las aguas residuales, ya que no disponen de alcantarillado, el agua que utilizan para el uso doméstico y de lavanderías, descargan directamente al suelo alrededor de la vivienda, el agua de los inodoros es descargada en pozos sépticos, dos familias trabajan elaboran quesos artesanales en pequeñas cantidades, de igual forma la descarga es directa al suelo, las aguas constituyen focos de infección para los niños porque producen encharcamientos en el suelo y su contaminación. Esta realidad deprime el aspecto del paisaje, genera mala presentación de la comunidad.

La Diócesis de Riobamba a través de la Pastoral Social Caritas junto a la Universidad Católica de LOVAINA en Bélgica, han visto la necesidad de incorporar un sistema de tratamiento de aguas residuales a manera de reducir la problemática ambiental existente en la comunidad.

La presente tesis surge con el interés de construir una propuesta de diseño de tratamiento biológico mediante la caracterización del agua residual y consideración del caudal de la población; como resultado obtener la eliminación de microorganismos patógenos y materiales que puedan alterar la calidad del agua, de esta manera utilizar el agua para riego y asegurar una producción exitosa de cultivos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- ✓ Diseñar una planta de la tratamiento de aguas residuales en la comunidad "El Tejar Balbanera " en Guamote.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Levantar información topográfica y necesidades en la comunidad El Tejar.
- ✓ Caracterizar físico-química y biológica del agua residual.
- ✓ Sensibilizar con la comunidad las características ambientales de la zona mediante un diálogo interactivo para determinar la factibilidad del proyecto.
- ✓ Desarrollar una propuesta de diseño de un sistema de tratamiento biológico tipo Wetland basado en la caracterización del agua residual.

### **3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Agua Residual**

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. (Alvarado & Camacho, 2012).

Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. Se estima que las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en su tratamiento y su disposición.
- Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
- Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Alvarado & Camacho, 2012).

## 3.2. Características generales del Agua residual

### 3.2.1. Características Físicas

- ✓ **Temperatura.-** Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como el método de disposición final. Uno de los principales efectos de la temperatura en las aguas residuales es que en los tiempos de retención en tratamientos biológicos disminuyen a mayor temperatura.
- ✓ **Turbiedad.-** La turbiedad, es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. Medida de cuántos sólidos (arena, arcilla y otros materiales) hay en suspensión en el agua. (González, 2011)
- ✓ **Olor.-** La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran cantidad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica de la materia bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Los olores pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales. (Olivos, 2010)
- ✓ **Sólidos o Residuos.-** Los sólidos o residuos son aquellos presentes en el agua residual que se obtienen como materia remanente después de evaporar y secar una muestra de agua a 103 - 105°C. Los sólidos pueden presentarse en tres estados que corresponden a tamaños progresivamente menores: suspensión, coloidal y disolución. En estricto rigor, el estado coloidal corresponde a partículas suspendidas. (Olivos, 2010)
- ✓ **Sólidos Totales.-** Son aquellos que se obtienen como materia o residuo remanente después de evaporar y secar una muestra de agua a 103 - 105 °C. Corresponde a la suma de los sólidos disueltos y suspendido. Los sólidos totales, de acuerdo a la naturaleza de los compuestos que lo constituyen, pueden dividirse en sólido fijo y volátil. Esta clasificación se obtiene secando el residuo total por segunda vez a 550°C durante 1 hora. Los sólidos totales son importantes en los tratamientos biológicos, físicos y químicos siempre hay una reducción del contenido de sólidos total de líquido en tratamiento, ya que parte de la materia orgánica es oxidada a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y parte de los sólidos es dispuesta en forma de lodo (Arriola, 2015).

### 3.2.2. Características Químicas

- ✓ **pH.-** Medida de la concentración del ión hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ión hidrógeno.

#### *Efectos del PH en las aguas residuales*

- Aguas con  $\text{pH} < 6$ , en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias.
- A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el ácido hipocloroso.
- A pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica,  $\text{NH}_3$ , la cual es tóxica, pero removible con arrastre con aire.
- El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica, puede ser muy restrictivo sin embargo, generalmente es de 6.5 a 8.5 (Arriola, 2015).

#### ✓ **Características Químicas Inorgánicas**

**Amonio.-** Las aguas superficiales bien aireadas no deben contener amonio. Aguas debajo de descargas de aguas servidas se encuentra amonio en concentraciones de hasta 4 mg/l. La presencia de amonio indica contaminación reciente.

**Nitrito.-** Los nitritos provienen de la oxidación del amonio o reducción del nitrato. La presencia de nitritos indica contaminación.

**Nitrato.-** El nitrato proviene principalmente del uso de fertilizantes.

**Fósforo.-** El fósforo se puede encontrar como fósforo orgánico, fósforo inorgánico (ortofosfatos), disuelto o en suspensión. El fósforo disuelto puede provenir de las rocas o del lavado del suelo en cuyo caso indica contaminación por estiércol o pozos negros. Como el fósforo es un factor limitante en el crecimiento de algas o fitoplancton, su presencia favorece la eutrofización y trae como consecuencia el aumento de materia orgánica, bacterias heterotrófas y finalmente disminución del oxígeno disuelto.

**Cloruros.-** Son comunes en aguas residuales pues la contribución diaria por persona es de 6 a 9 gramos. Concentraciones altas pueden causar problemas de calidad de agua para riego (efluente tratado) y de sabor en agua para reuso.

**Sulfatos.-** Ión común en aguas residuales, se requiere para la síntesis de proteínas y se libera en su descomposición. En condiciones anaerobias originan problemas de olor y

corrosión en los sistemas de alcantarillado. En digestores de lodos los sulfatos son reducidos a sulfuros y el proceso biológico se deteriora si la concentración de sulfuros es mayor a 200 mg/l. (Arriola, 2015).

### ✓ **Características Químicas Orgánicas**

La contaminación orgánica es la más importante en magnitud y sus fuentes son de origen doméstico, industrial, agrícola y ganadero.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno.-** La DBO es la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos aerobios para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En condiciones normales esta demanda se cuantifica a 20°C y el ensayo se realiza a 5 días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO<sub>5</sub> expresado en  $\frac{mg}{l}$  de O<sub>2</sub>.

**Demanda Química de Oxígeno.-** Se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente por un agente oxidante fuerte, generalmente, 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. Compuestos orgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros, se eliminan median HgCl<sub>2</sub> (Arriola, 2015).

### **3.3. Industria Láctea**

Los principales procesos de la industria láctea que producen residuos contaminantes son los procesos de producción de quesos, cremas y mantequilla, el lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina. Se estima que el suero generado en la elaboración de quesos tiene una DBO<sub>5</sub> del orden de 40.000 - 50.000  $\frac{mg}{l}$ . Los procesos biológicos anaerobios vienen siendo ampliamente utilizados en el tratamiento de aguas residuales agroindustriales como las de la fabricación de bebidas alcohólicas, productos lácteos, y cárnicos. Estos sistemas son más eficaces y económicos cuando hay elevada concentración de compuestos orgánicos biodegradables. (Arango & Sánchez, 2009)

Ventajas de un proceso anaerobio

- ✓ Producción de metano, gas combustible utilizado como fuente de energía.
- ✓ Menor consumo de energía comparado con los tratamientos aeróbicos, resultando en costos operacionales más reducidos.

- ✓ La fracción de materia orgánica convertida en células bacterianas es relativamente baja (cerca de 10%) en relación al tratamiento aerobio (cerca de 50%). Esto significa que la cantidad de fango biológico formado es menor, resultando en menores problemas de disposición de los mismos.
- ✓ Las unidades de tratamiento son cerradas evitando la generación de olores
- ✓ Tolerancia a elevadas cargas orgánicas. (Sanchez, 2009)

### **3.3.1. Agua Residual de una Industria Láctea**

Las aguas residuales lácteas en su contenido presentan moléculas orgánicas muy complejas como proteínas, carbohidratos y lípidos; esto hace que los métodos de tratamiento convencional sean costosos y consuman mucho tiempo. El propósito del tratamiento de aguas residuales lácteas es eliminar los contaminantes, especialmente nitrógeno y fósforo, a partir de corrientes, de manera que los efluentes tratados se conviertan en seguros para ser descargados en el ambiente.

Los vertidos residuales de las industrias de leche y derivados, proceden principalmente de las operaciones de:

- Limpieza de equipos e superficies
- Aguas de refrigeración (cuando no se recuperan)
- Restos de leche y lactosuero

Las aguas residuales de la industria láctea son habitualmente tratadas con el uso de métodos biológicos tales como proceso de lodos activados, lagunas aireadas, filtros percoladores, reactor discontinuo secuencial (SBR), manto de lodo anaeróbico y reactor de filtros anaerobios (Tirado, Gallo, & Acevedo, 2016).

#### **✓ Lactosuero**

El lactosuero, suero lácteo o suero de queso es el líquido que se separa de la leche cuando ésta se coagula para la obtención del queso, son todos los componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína. Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de suero. Al representar cerca del 90% del volumen de la leche, contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, el 95% de lactosa (azúcar de la leche), el 25% de las proteínas y el 8% de la materia grasa de la leche. Su composición varía dependiendo del

origen de la leche y el tipo de queso elaborado, pero en general el contenido aproximado es de 93.1% de agua, 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas (minerales), 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y vitaminas hidrosolubles (Parra, 2009). Las aguas residuales generadas en la industria láctea presentan una contaminación principalmente de carácter orgánico (DQO y DBO<sub>5</sub> elevadas), los vertidos muestran una elevada variabilidad, tanto en caudal como en composición.

Para una optimización de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, es muy importante que el suero de quesería, o lactosuero, no se mezcle con las aguas residuales. Si el lactosuero no se desea aprovechar, éste deberá ser tratado de forma aislada. No obstante, cada vez existen más alternativas para revalorizar este producto. Se puede optar por utilizarlo para la alimentación de animales, se puede deshidratar mediante una evaporación al vacío para venderlo como suero en polvo para aplicaciones de panificación o como sustituto de la leche en polvo, otra vía es su utilización para la obtención de lactosa, se puede usar para la elaboración de bebidas fermentadas con la adición de zumos de frutas, etc. (Condorchem Envitech, 2015)

Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales:

- Marcado carácter orgánico (elevada DBO<sub>5</sub> y DQO), debido a la presencia de componentes de la leche, que tiene una DBO<sub>5</sub> de 110.000 mg/l y una DQO de 210.000 mg/l.
- Alta biodegradabilidad.
- Presencia de aceites y grasas.
- Altas concentraciones de fósforo y nitratos, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en elaboración de quesos
- Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso debido al vertido de cloruro sódico procedente del salado del queso)
- Valores puntuales de pH extremos, debidos a las operaciones de limpieza.

### **3.4. Tratamiento de Aguas Residuales**

Se conocen como operaciones unitarias a los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, y como procesos unitarios a los métodos que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos.

Tratamiento convencional para efluentes, previa a la descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado. Es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección.

- ✓ Tratamiento primario.- Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.
- ✓ Tratamiento secundario.- Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos. El tratamiento secundario generalmente está precedido por procesos de depuración unitarios para remover especialmente nutrientes (FAO, 2015).

### **3.5. Sistema de Tratamiento**

El diseño de tratamiento de agua residual que tiene como funcionalidad el control del agua que llega a la planta de tratamiento.

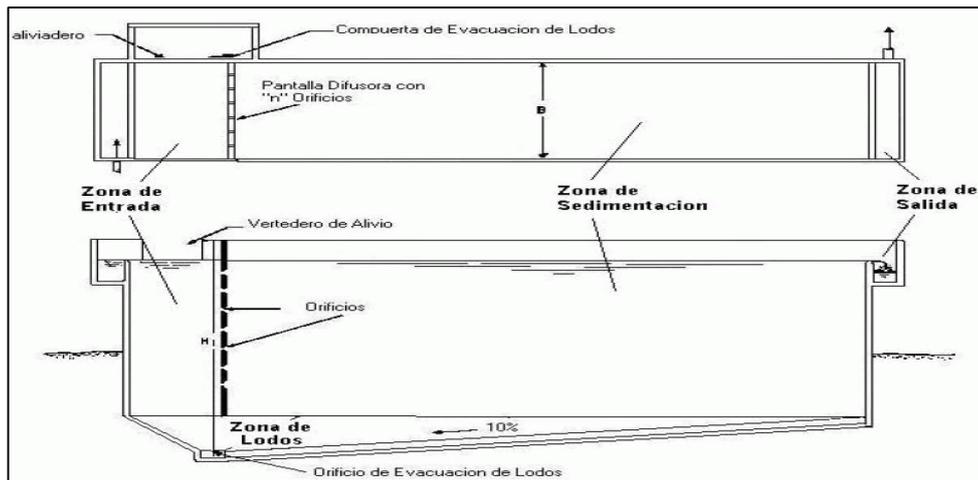
#### **3.5.1. Desbaste**

El desbaste tiene por objeto proteger a la estación de la posible llegada de grandes objetos que puedan provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación o dificultar los restantes tratamientos.

El desbaste consiste en eliminar componentes sólidos del agua por medio de rejas que están formadas por barrotes paralelos.

#### **3.5.2. Sedimentador**

Es la operación más usada en el tratamiento de aguas mediante el asentamiento gravitacional de las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Este proceso se llama sedimentación simple y es el que se utilizara en este caso. El sedimentador tiene por objeto separar del agua cruda partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm, es decir que nos encontramos en régimen laminar.



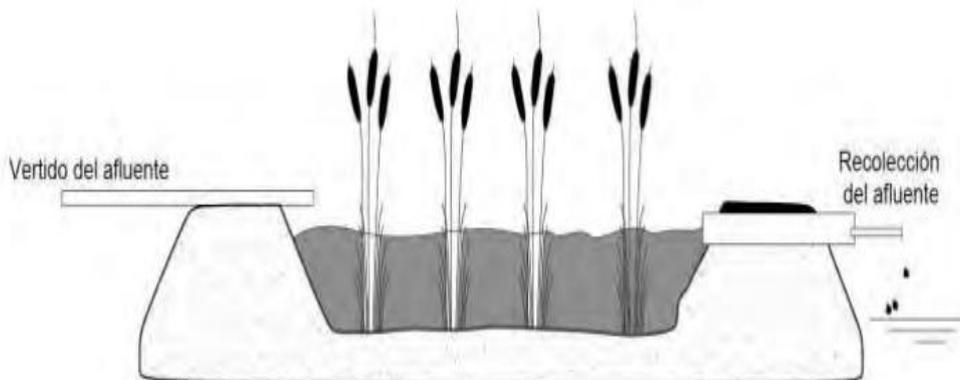
**Figura 1.** *Planta y alzado de un sedimentador convencional.*

**Fuente:** (CEPIS, 2005).

### 3.5.3. Tratamiento Biológico

#### 3.5.3.1. Humedales

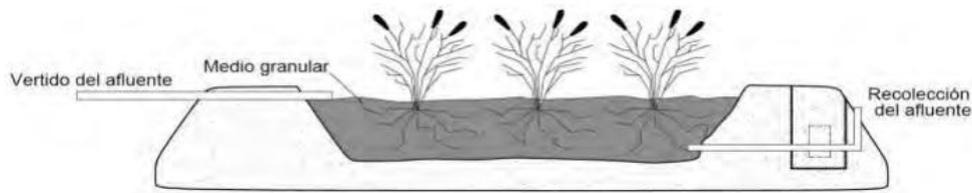
- Sistema de flujo libre (Humedal Superficial) cuando las plantas acuáticas están enraizadas en el fondo del humedal y el flujo del agua se hace a través de los tallos y hojas de las plantas (Pech & Ocaña, 2014).



**Figura 2.** *Humedal de flujo Superficial.*

**Fuente:** (García & Corzo, 2008)

- Sistema de flujo horizontal subsuperficial (Humedal de Flujo subsuperficial) en donde la lámina de agua no es visible y el flujo atraviesa un lecho relleno con arena, grava o suelo donde crece las raíces y rizomas en contacto con el agua.



**Figura 3.** *Humedal de flujo Superficial.*

**Fuente:** (García & Corzo, 2008)

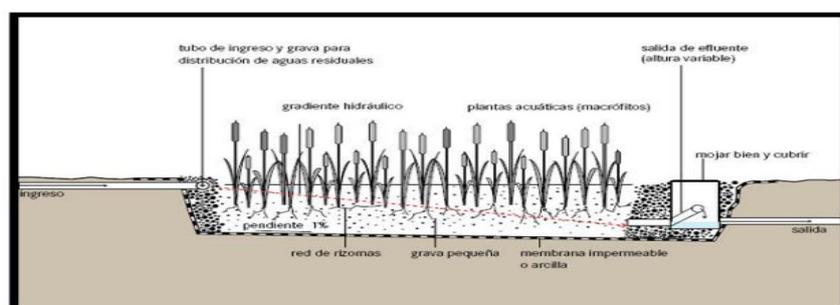
### Generalidades de Diseño en los Humedales

Las profundidades de estos humedales no suelen excederse de 0,6 m para facilitar el trasiego del agua deben ser construidos con una leve pendiente en el fondo o lecho de 0,5 a 2 %, generalmente se utiliza 1% para mantener condiciones hidráulicas del flujo laminar (Pech & Ocaña, 2014).

#### 3.5.3.2. Sistema WETLAND

El tratamiento de aguas residuales mediante humedales construidos es un sistema de tratamiento que promueve el uso sostenible de recursos hídricos de tal manera que permite aprovechar los nutrientes de las aguas residuales para el crecimiento de plantas emergentes que tienen un potencial económico y logran producir un efluente que puede ser utilizado sin contaminar el medio ambiente.

Es un sistema de Tratamiento Biológico que imita el funcionamiento de los humedales naturales usando la capacidad de estos para remover materia orgánica. Es una tecnología de aplicación in-situ de bajos costos de operación y mantención. Se diseña para que funcione por diferencia de niveles y gravedad para ahorro de energía. No requiere insumos químicos, lo que la convierte en una tecnología de tipo pasivo (Candia, 2018).



**Figura 4.** *Wetland Subsuperficial Horizontal.*

**Fuente:** CONAMA-Wetland Artificial, 2010.

La tecnología de humedales artificiales aprovecha la capacidad de depuración de los denominados sistemas de Humedales Naturales y de los sistemas microbiológicos de tratamiento. Utiliza especies vegetales y microorganismos para su funcionamiento y no requiere de la adición de reactivos. Su eficiencia y calidad es exponencial en el tiempo, esto significa que una vez establecidos los microorganismos y las especies vegetales en terreno y adaptados al medio, serán capaces de crecer y desarrollarse por sí solas para degradar los componentes orgánicos presentes de manera eficiente. Este tipo de sistema permite generar aguas tratadas que cumplan con la normativa nacional para descarga. (CONAMA-Wetland Artificial, 2010)

Los modelos que han sido más satisfactorios en términos de rendimientos depurativos, impacto higiénico-sanitario, simplicidad de gestión y adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales son los siguientes (Pucci, 2008):

- ✓ Sistemas con flujo sumergido horizontal
- ✓ Sistemas con flujo sumergido vertical
- ✓ Sistemas con flujo superficial

#### **Ventajas**

- ✓ Excelente rendimiento depurativo
- ✓ Costes de gestión limitados
- ✓ Funcionamiento sencillo
- ✓ Adaptabilidad a las variaciones de carga
- ✓ Óptima oxigenación del agua tratada
- ✓ Óptima integración paisajística
- ✓ Oportunidad de reutilización de las aguas tratadas y de los subproductos
- ✓ Recalificación ambiental de los sitios degradados

#### **Desventajas**

Requiere de mayores espacios para su implementación en comparación con tratamientos fisicoquímicos (Candía, 2018).

Requiere de un proceso de puesta en marcha y adaptación.

#### **Substratos orgánicos**

Los sustratos son una materia sólida, que permiten el anclaje de las plantas, siendo el lugar donde se desarrollan las raíces, de donde obtienen agua y nutrientes y donde crecen

y desarrollan. El sustrato de los sistemas de tratamiento pasivo soporta la vegetación, además proporciona espacio y condiciones para transformaciones bioquímicas y químicas, y para el almacenamiento de los contaminantes removidos.

Los sustratos orgánicos pueden ser:

- ✓ De origen natural, caracterizados por estar sujetos a biodescomposición, como las turbas o el estiércol.
- ✓ De síntesis, los cuales son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- ✓ Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje para su adecuación como sustratos (cascarilla de arroz, paja de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de aguas residuales, entre otros).

El sustrato orgánico en el sistema pasivo puede estar acompañado de tierra, arena, grava u otros materiales que permitan realizar un tratamiento eficiente (Jurado, 2016).

### **Actividades de Construcción**

- ✓ Desbroce y preparación del área

Consiste en remover y almacenar el suelo orgánico superficial en un lugar donde no interfiera con el proceso constructivo, este suelo será utilizado como parte del sustrato de las unidades de tratamiento.

- ✓ Nivelar y conformar la celda del Wetland
- ✓ Impermeabilización

Se puede utilizar geo-membrana lisa de 1.5 mm de espesor.

### **Especies vegetales**

La elección de las especie vegetales está basada en una serie de criterios para reproducir de la forma adecuada la biodiversidad presente en una zona húmeda natural para garantizar el máximo poder depurativo.

De hecho cada especie desarrolla una serie de funciones específicas al interior del sistema. En particular oxigenan el agua donde se encuentran y absorben las sustancias nutritivas presentes (fosfatos, nitratos, entre otros) y necesarias para su crecimiento.

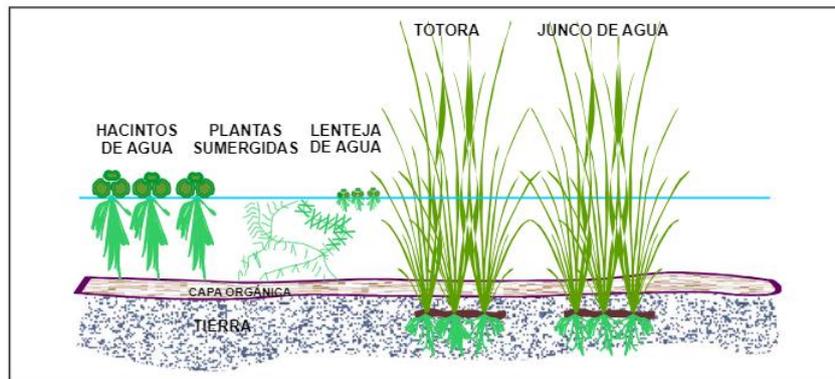
Todas plantas de cualquier modo representan un sustrato idóneo para el desarrollo de microorganismos importantes para los procesos depurativos propios de las áreas húmedas naturales.

**Tabla 1. Géneros de Especies Vegetales.**

Géneros de Especies Vegetales		
Phragmites	Nymphaea	Iris
Scirpus	Typha	Alisma
Juncus	Carex	Myriophyllum
Ceratophyllum	Eichhornia	Potamogetum

**Fuente:** (Pucci, 2008)

En cualquier caso, es bueno utilizar plantas autóctonas que no alteren el ambiente natural y no sean competidoras agresivas de otras especies presentes en el sitio.



**Figura 5. Plantas acuáticas**

**Fuente :** (Chafloque & Gómez, 2012).

### Consideraciones en el diseño

Estas aguas residuales serán recolectadas en una laguna de almacenamiento a través de una tubería de PVC de 12 pulgadas. El efluente será trasladado, a través de tuberías de PVC de 2 pulgadas que alimentan a dos (2) celdas. Los efluentes de las celdas finales serán conectados a una tubería de 4 pulgadas de PVC.

**Tabla 2.** *Especies pilotos en el sistema Wetland.*

<b>Especie / Fotografía</b>	<b>Tipología</b>	<b>Densidad de plantación</b>	<b>Ventajas</b>
Jacinto de Agua ( <i>Eichhornia crassipes</i> ), 	Flotadoras	No se plantan, sólo se colocan en el agua con densidad variable	La gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual, esta les baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las propias raíces directamente.
Totora <i>Typha spp</i> 	Palustre y/o emergente	10 $\frac{\text{plantas}}{\text{m}^2}$	Eliminación de sólidos en suspensión Eliminación de materia orgánica retenida en el substrato, eliminación de fósforo por absorción directa.

**Fuente:** *Autor.*

### **Cosecha/ Limpieza**

Entre las limitaciones de los sistemas se encuentra la capacidad limitada de acumular biomasa. Esto obliga a hacer retiros periódicos de las mismas para permitir el crecimiento de las plantas emergentes, y optimizar la captura de algunos componentes del agua residual.

Adicionalmente, las plantas emergentes deben ser cortadas por 0.3 metros sobre el nivel del agua para favorecer su continuo crecimiento y favorecer la captura de metales del agua a tratar (Jurado, 2016).

En la literatura se han señalado posibles usos para la biomasa, tales como:

- ✓ La incorporación como fertilizante en la tierra o compost (puede regarse y ararse para mejoramiento del suelo).
- ✓ La manufactura de cartón.
- ✓ La producción de combustibles.
- ✓ El uso como material absorbente de colorantes y metales pesados.

### **3.6. Razones para reutilizar aguas residuales**

La reutilización de las aguas residuales es una opción importante en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), que trata todos los aspectos del ciclo hídrico y optimiza el uso del agua en todas sus formas. La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible del año 2002 llamó a los países a desarrollar la GIRH y planes de eficiencia hídrica. Este enfoque incluye, entre otros, los siguientes elementos: (1) evaluar las necesidades hídricas en colaboración con los usuarios finales; (2) examinar todas las fuentes de agua disponibles y (3) ajustar los suministros de agua a las necesidades en base a la cantidad, calidad y fiabilidad requerida para los diversos fines y a los costos del suministro en relación con los beneficios en cada caso. (FAO, 2013)

La regeneración de las aguas residuales y su reutilización en la agricultura está teniendo una amplia aceptación en muchas partes del mundo. En muchos países con escasez de agua, las aguas residuales son importantes para equilibrar la demanda y la oferta de agua para diversos usos. Los impulsores de la reutilización de aguas son distintos en los países desarrollados y en los países en desarrollo, pero existen problemas comunes como el aumento de la población y la demanda de alimentos, escasez de agua y preocupación acerca de la contaminación ambiental. Todos estos factores hacen que el agua regenerada sea un recurso potencialmente valioso.

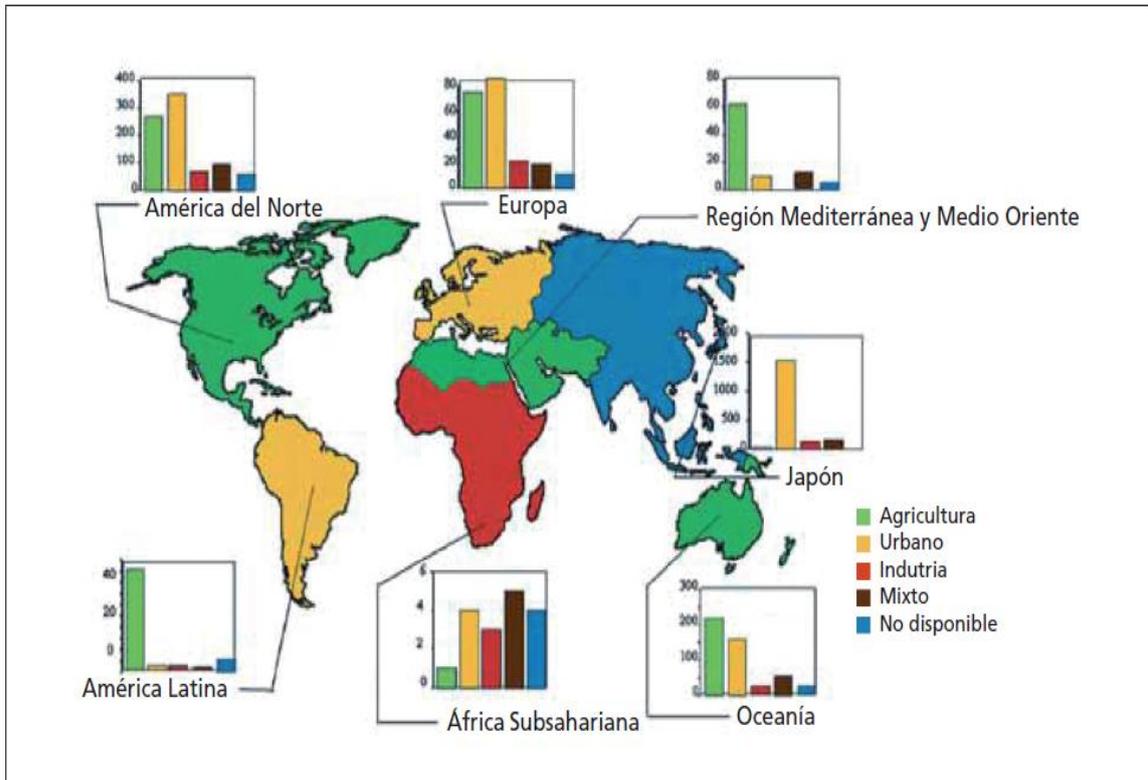
Sin embargo, la reutilización de agua conlleva cambios en las estructuras tradicionales de asignación de recursos hídricos, financiamiento de estructuras, consideración de estándares de calidad del agua, marcos reglamentarios y mandatos institucionales. Implica una buena gestión a todos los niveles, con el fin de desarrollar un enfoque holístico y políticas consistentes para la asignación de recursos hídricos que satisfagan las múltiples necesidades de los usuarios.

La gestión de las aguas residuales debe estar incluida en una planificación integral de recursos hídricos, dónde se tengan en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales. (Melgarejo, 2009)

Actualmente existen más de 3 300 instalaciones de regeneración de agua nivel mundial con diversos grados de tratamiento y para diversas aplicaciones: riego agrícola, diseño urbano y usos recreativos, procesamiento y refrigeración industrial y producción indirecta de agua potable, como recarga de las aguas subterráneas.

La mayoría de éstas se encuentra en Japón (cerca de 1800) y los Estados Unidos (cerca de 800), pero Australia y la Unión Europea contaban con 450 y 230 proyectos

respectivamente. La zona mediterránea y el Medio Oriente tenían alrededor de 100 plantas, América Latina 50 y el África subsahariana 20. Estas cifras están aumentando rápidamente.



**Figura 6.** Sistema de reutilización de aguas residuales.

**Fuente:** (FAO, 2013)

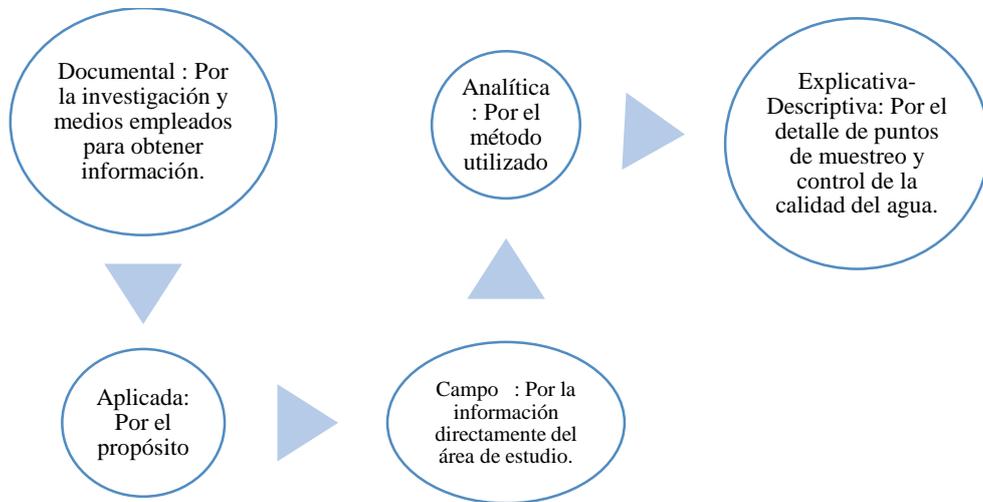
Los agricultores asignan un beneficio ambiental a la utilización de agua reciclada en que los nutrientes, tales como el fósforo y el nitrógeno, son absorbidos por los cultivos en lugar de ser vertidos en otras masas de agua.

La reutilización del agua puede ser un medio de reducir los vertidos de aguas residuales. El agua regenerada también ha sido utilizada para restaurar humedales, arroyos o acuíferos subterráneos, al recuperar flujos y niveles freáticos. El agua regenerada puede ofrecer una fuente de agua para promover el crecimiento en regiones con escasez de agua y para aumentar los ingresos de agricultores de zonas periurbanas o urbanas con pocos recursos (FAO, 2013).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Tipo de Estudio

El tipo investigación que se desarrollara está basada en los siguientes parámetros:

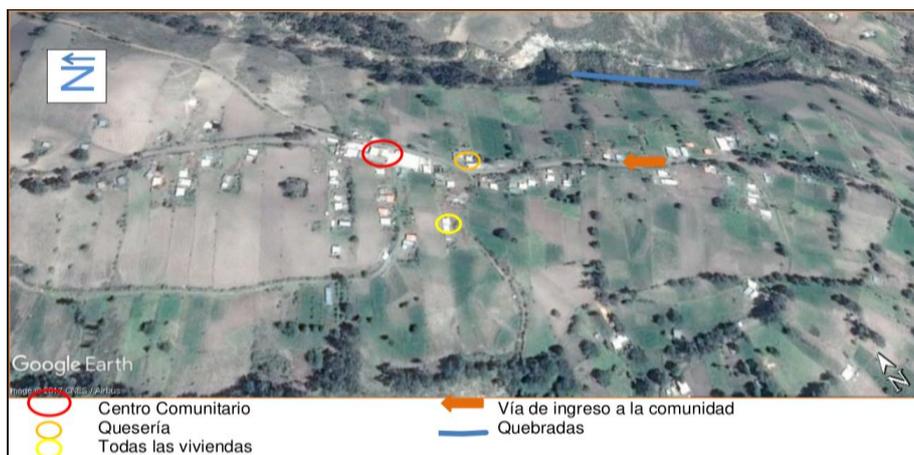


**Figura 7.** *Parámetros de Investigación.*

**Fuente:** *Autor*

### 4.2. Área de estudio

En esta fase se determinará la ubicación geográfica, es muy importante recorrer la zona, determinar sitios puntuales, obtener las coordenadas de latitud y longitud y lograr una localización exacta de la comunidad en Google Earth, guardar en el formato según las coordenadas UTM, para georreferenciar dentro de un mapa del cantón; mediante la técnica de observación e instrumentos de investigación como apuntes, GPS y registros fotográficos.



**Figura 8.** *Comunidad "El Tejar Balbanera"*

**Fuente:** *Autor*

#### 4.2.1. Ubicación

En la comunidad "El Tejar", cantón Guamote, provincia de Chimborazo, ubicado en la región sierra centro del Ecuador. Sus límites al:

- Norte: Parroquia Columbe
- Sur: Parroquia Guamote
- Este: Parroquia Cebadas
- Oeste: Parroquia Palmira

Características de la zona son:

- ✓ Altitud promedio de 3.500 msnm

#### 4.2.2. Precipitación y Temperatura Ambiente

Los datos utilizados para obtener isoyetas e isotermas de la comunidad fueron obtenidos del anuario meteorológicos del INAMHI, se consideraron las estaciones más cercanas a la comunidad (Tabla 3).

La determinación de variables se calculó valores promedios anuales en cada estación tanto de precipitación (Figura 9) y temperatura del aire (Figura 10).

**Tabla 3.** Estaciones climatológicas principales más cercanas a la comunidad

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Estado</b>
M1209	TOTORILLAS	Chimborazo	Activa
M0133	GUASLAN	Chimborazo	Activa
M0395	CEBADAS	Chimborazo	Activa
M0407	LICTO	Chimborazo	Activa
Fuente : (INAMHI, 2012)			

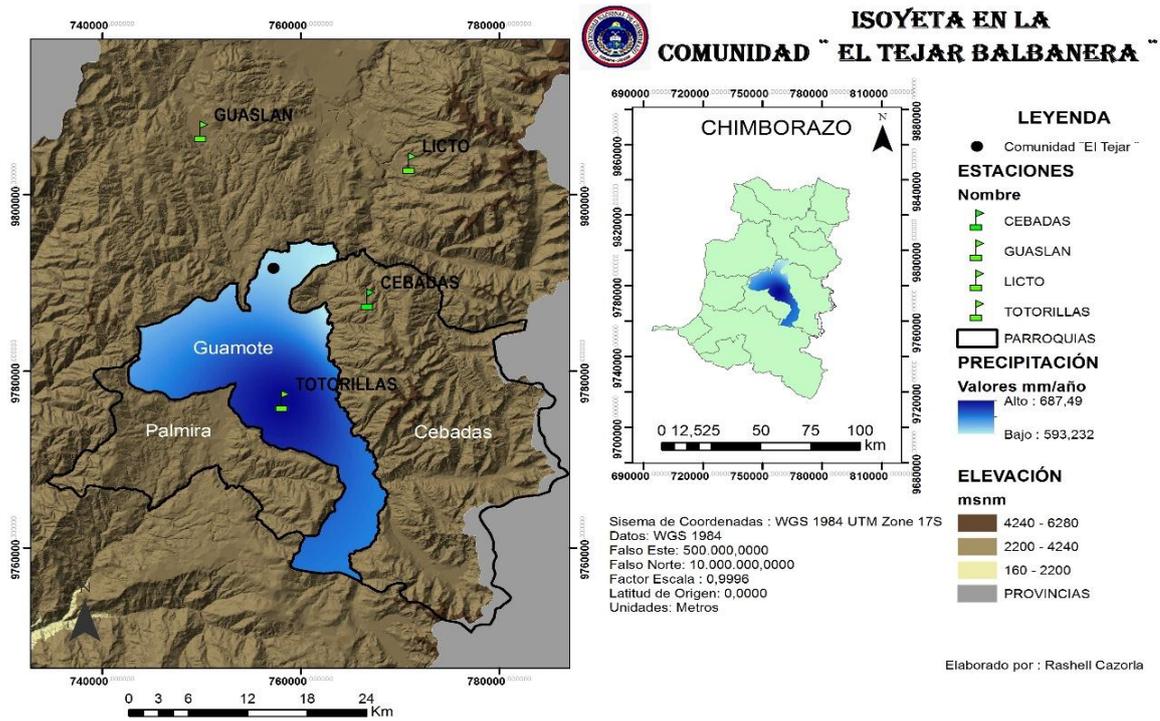


Figura 9. Valores de Precipitación en la comunidad El Tejar.

Fuente: Autor

✓ La precipitación anual tiene un promedio de 640 mm / año (Figura 9)

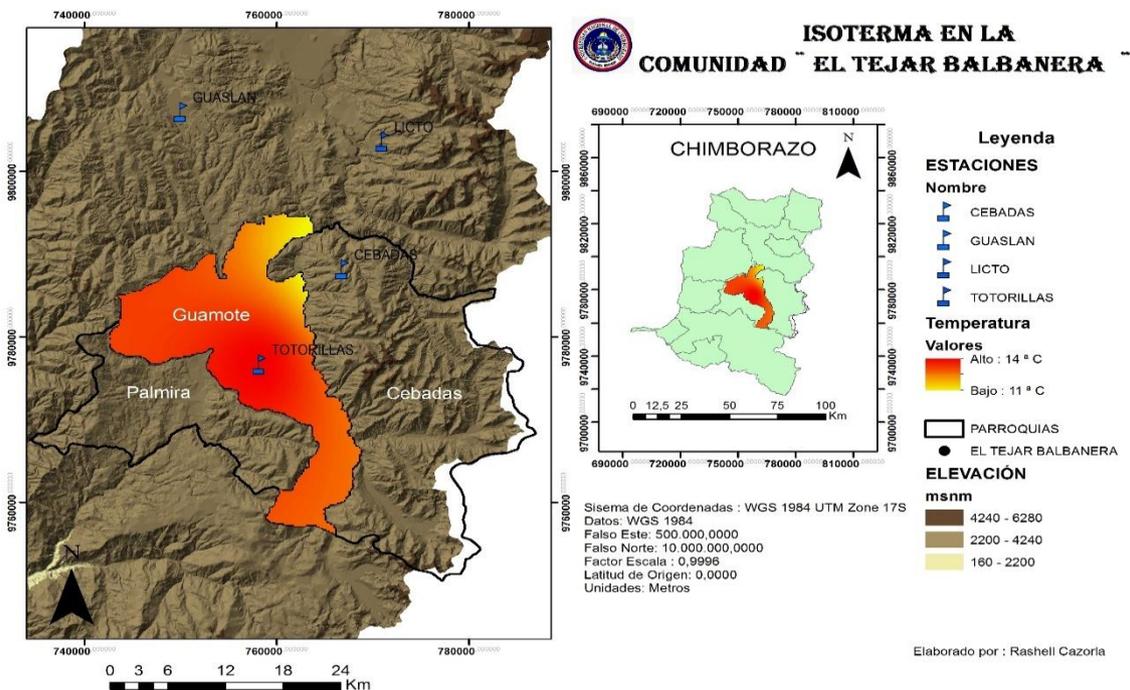


Figura 10. Valores de Precipitación en la comunidad El Tejar.

Fuente: Autor

✓ La temperatura anual tiene un promedio 12.5 °C (Figura 10)

### 4.3. Población y Muestra

#### **Población**

La población beneficiaria son 71 familias indígenas de la comunidad El Tejar Balbanera, parroquia Guamote, la presente investigación se centra en el estudio de las aguas residuales que son generadas por las actividades diarias.

#### **Muestra**

Para la ejecución de las encuestas se determinó el número de encuestados mediante la aplicación de la fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población.

N	Población
Q	Probabilidad en contra
P	Probabilidad a favor
e	Error de la muestra
z	Nivel de confianza (95%)
n	Muestra

Fuente: (Pickers, 2015)

$$n = \frac{z^2 * P * Q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * P * Q}$$

### 4.4. Operacionalización de Variables

- Identificación de variables

Se determinó en función de sus categorías dependiente e independiente.

Variable independiente: Caracterización de la calidad del agua residual

Variable dependiente: Diseño de la planta de tratamiento biológico para aguas residuales

**Tabla 4. Variable Independiente.**

<b>Variable Independiente</b>		
Caracterización de la calidad del agua residual		
<b>Conceptos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas</b>
<p>La calidad del agua empleada en el regadío es fundamental para el rendimiento y cantidad de cultivos, mantenimiento de la tierra y protección del ambiente.</p> <p>Y deberá cumplir con los valores que se encuentren dentro de los límites permisibles en el registro.</p>	<p>Aceites y grasas <math>\frac{g}{l}</math></p> <p>Potencial de Hidrógeno pH</p> <p>Conductividad <math>\frac{us}{cm}</math></p> <p>Turbidez. (*NTU)</p> <p>DBO <math>\frac{mgO_2}{l}</math></p> <p>DQO <math>\frac{mg}{l}</math></p> <p>Sólidos Sedimentables <math>\frac{mg}{l}</math></p> <p>Sólidos suspendidos <math>\frac{mg}{l}</math></p> <p>Sólidos disueltos totales <math>\frac{mg}{l}</math></p> <p>Temperatura</p> <p>Nitrógeno total <math>\frac{mg}{l}</math></p> <p>Fósforo total <math>\frac{mg}{l}</math></p>	<p>Recolección de los diferentes tipos de muestra.</p> <p>Caracterización de las aguas residuales</p> <p>Análisis fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales.</p>

**Fuente:** Autor.

**Tabla 5. Variable Dependiente.**

<b>Variable Dependiente</b>		
Diseño de la planta de tratamiento biológico para aguas residuales		
<b>Conceptos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas</b>
El tratamiento biológico de aguas residuales se lleva a cabo mediante una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos. Estos procesos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar la materia orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento.	Caudal  Proyección Poblacional  Dimensionamiento de la planta de tratamiento	Criterios de diseño para un tratamiento biológico  Pruebas de tratabilidad  Control de los parámetros del agua residual durante los ensayos.

**Fuente:** Autor.

#### **4.5. Caracterización del Agua**

##### **4.5.1. Método de muestreo**

Para obtener la muestra de agua residual proveniente de la cocina, lavandería y quesera artesanal se empleó el método de muestreo compuesta en primer caso: agua de la descarga de los tanques de lavado de ropa y agua de la cocina, la segunda muestra es generada por la quesera una mezcla de suero de leche y agua que es utilizado en el lavado de los tanques.

Este procedimiento consistió en tomar muestras simples proporcionales al caudal instantáneo de la descarga, muestreando durante 7 días de la semana, de sábado a viernes durante el mes de Mayo 2018, al finalizar cada día se obtuvo 2 litros de muestra de cada vivienda, considerando los puntos de salida del agua en las viviendas. Un total de 21 muestras de la comunidad para obtener un valor promedio.

Las casas fueron determinadas al azar para la recolección del agua residual.

Para conformar cada muestra simple será en relación al volumen proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma, según la expresión :

Complemento del volumen para la muestra de la quesera (ver Anexo B)

Vi	Porción de muestra
V	Volumen total a componer
Qi	Caudal instantáneo de cada muestra
Qp	Caudal promedio durante el muestreo
n	Número de muestra

Fuente: (IDEAM, 2007)

$$Vi = \frac{V * Qi}{n * Qp}$$

#### 4.5.2. Caracterización del Agua Residual

La determinación de los parámetros físicos químicos y biológicos de las aguas residuales de la comunidad "El Tejar" se describe a continuación con la técnica y equipos utilizados en la tabla 6.

<b>Tipos de muestras de análisis</b>	
Muestra 1	Agua residual de doméstica (cocina y lavandería)
Muestra 2	Agua residual quesera

**Tabla 6.** Técnicas metodológicas de ensayo y parámetros físico químicos analizados en el laboratorio.

PARÁMETROS	UNIDADES	NORMA	MÉTODO
Aceites y grasas	(mg/l)	EPA 418,1	Gravimétrico
Detergentes	(mg/l)	STANDAR 5540 – C mod METHODS	Fotométrico
Potencial de Hidrógeno pH	(7-14)	STANDAR 4500 – H b-METHODS	Potenciométrico
Conductividad	(ms/cm)	STANDAR 2510- B- METHODS	Potenciométrico
Turbidez	(*NTU)	STANDAR 2130 – B METHODS	Nefelométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	(mgO <sub>2</sub> /l)	STANDAR 5210 – B METHODS	Respirométrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/l)	STANDAR 5220 – D mod METHODS	Fotométrico Reflujo Cerrado
Oxígeno disuelto	(mg/l)	-----	Potenciométrico
Sólidos Sedimentables	(mg/l)	STANDAR 2540 – F METHODS	Volumétrico
Sólidos suspendidos	(mg/l)	STANDAR 2540 – D METHODS	Gravimétrico
Sólidos disueltos totales	(mg/l)	STANDAR 2540 – A METHODS	Gravimétrico
Temperatura	<sup>a</sup> C	-----	Potenciométrico
Nitratos	(mg/l)	STANDAR 4500 – P – E mod METHODS	Fotométrico
Fósforo total	(mg/l)	STANDAR 4500 – N – E mod METHODS	Fotométrico

**Fuente:** (STANDARD METHODS, 2005)

Hay parámetros que se los tiene que realizar in-situ como son el pH y el oxígeno disuelto ya que el tiempo que permanece el agua embotellada hasta llegar al laboratorio altera la muestra y los valores obtenidos no son los reales.

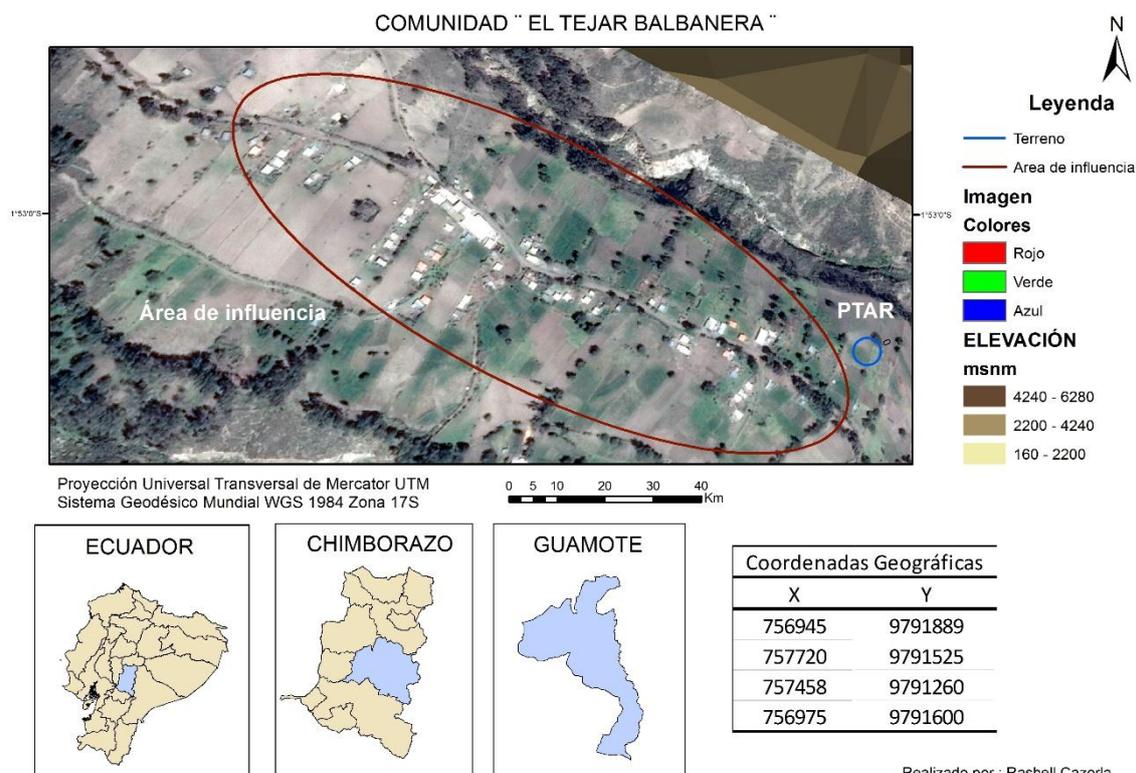
#### **4.6. Dimensionamiento del sistema de tratamiento para agua residual**

Para el diseño de la planta de tratamiento de agua residual se consideró parámetros de diseño y fórmulas tomadas de (METCALF & EDDY, 1996) Ingeniería de aguas residuales, (Lozano Rivas, 2012) Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, sus cálculos y operaciones se encuentran detallados en el anexo I.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Georreferenciación de la comunidad

En la figura 11 se encuentra el área de estudio que comprende la comunidad El Tejar.



**Figura 11.** Área de estudio delimitada Comunidad "El Tejar Balbanera ":

**Fuente:** Autor

La planta de tratamiento biológico de agua residual será realizada en un terreno que pertenece a la comunidad, como lo indica en la figura 11.

Las condiciones para seleccionar el espacio físico adecuado es que el área sea de 756,02 m<sup>2</sup> y contar con una pendiente para el Wetland del 2%.

### 5.2. Ejecución de las encuestas a la población

La población beneficiaria son 71 familias indígenas de la comunidad El Tejar Balbanera, perteneciente a la parroquia La Matriz, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, que se encuentran registradas en el Municipio de Cantón Guamote.

Se realizaron a 41 personas las encuestas dato que se obtiene aplicando la fórmula para muestras poblacionales. Fórmula N.1

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 71}{0.1^2 * (71 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{68.1884}{1.6604} = 41.06$$

En el desarrollo de las encuestas se obtiene los siguientes resultados:

- Una media de 4 integrantes por cada familia; obteniendo así una población de 284 habitantes actualmente en la comunidad.
- El 57% son de género masculino, el 43% femenino.
- De las 41 personas encuestadas, el 36% se dedica principalmente a la agricultura y ganadería, 22 % de la población son estudiantes entre primaria y secundaria , 15 % trabajan en construcción , seguido de un 13 % que se dedican a las actividades en el hogar y trabajos fuera de la comunidad ,1 % en actividades como: periodismo , salud y elaboración de quesos.
- Al hablar de los servicios básicos la comunidad está dotada de agua entubada, electricidad, caminos de acceso; carece de alcantarillado, transporte público y telefonía fija. Existe una tienda comunal, escuela y telefonía móvil, no disponen de unidades de salud, colegio en la comunidad y CIBVS.
- Según la consideración de los habitantes el mes que mayor precipitación tiene es Febrero seguido del mes de Marzo.
- En las viviendas en la comunidad los 32 jefes de hogar respondieron que poseen un tanque de concreto para lavar su ropa, 5 familias lavan la ropa en el río y 4 familias sobre una piedra. La gran mayoría lo realiza 2 veces a la semana.
- Del total de personas encuestadas, el 41% de las familias según su percepción ocupan 150 litros/día (valor que está dentro de la norma para población rural en climas fríos), el 24 % deduce que son 100 litros/día, el 20 % considera que son 200 litros/día y el 15 % señala que son 50 litros /día; dicho valor puede ser referente al número de integrantes en la familia.
- El 63 % de los encuestados para el riego en sus cultivos lo realizan a través de aspersión y gravedad, el 37 % lo realiza únicamente por gravedad.
- Al referirnos al conocimiento de la comunidad en el tema de aguas residuales la gran mayoría de la comunidad está conscientes del daño que producen al ambiente

al no dar un tratamiento adecuado al descargar directamente al suelo, el 63% respondió que no conocía, 27% conocía sobre las aguas residuales.

- El 100% de los encuestados comparten el criterio de reutilizar las aguas residuales mediante un tratamiento biológico, para que se encuentren en buenas condiciones para el riego en la comunidad.
- Las 2 queseras artesanales en la comunidad procesan alrededor de 25 a 28 quesos en un horario de 8 am a 11 am. Los litros de agua residual de la quesera se obtienen alrededor de 110 litros a 120 litros diariamente.
- La utilización del suero de la leches es :
  - ✓ Vender
  - ✓ Alimentar a un grupo de cerdos
  - ✓ Depositar sobre el terreno de la parte posterior de las viviendas rara vez.

De los resultados obtenidos en la encuesta se puede indicar que la mayoría de personas no pasan en sus viviendas durante el día, se dedican a ejecutar sus actividades como la agricultura, ganadería; los niños y jóvenes acuden a escuelas y colegios dentro y fuera de la comunidad de acuerdo a su asignación. El flujo del agua no es constante, por lo que el agua residual será en pequeñas cantidades y en ciertas horas, en la visita del campo se evidencio claramente que el resultado obtenido por los encuestados tiene concordancia con la media del caudal cuando realizan las diferentes actividades es de  $7 \frac{l}{min}$ .

El detalle estadístico de las encuestas ejecutadas se encuentra en el Anexo D.

### **5.3. Caracterización del Agua Residual**

La caracterización del agua residual de las muestras compuestas realizadas durante el mes de Mayo 2018 se presenta el promedio en la tabla 7 y 9.

Las viviendas que se caracterizó el agua pertenecen a: José Agustín Padilla, Carmen María Yupanqui y Ángel Chicaiza.

- *Muestra Agua Residual Doméstica*

Se puede evidenciar los parámetros que están sobre el límite máximo permisible estipulados en el Registro Oficial del Acuerdo Ministerial 097 vigente de aguas para

riego siendo: aceites y grasas  $160 \frac{mg}{l}$ ,  $DBO_5$   $689 \frac{mg O_2}{l}$ , DQO  $1008 \frac{mg}{l}$ , y oxígeno disuelto  $3,9 \frac{mg}{l}$ . Los resultados se expresan a continuación.

**Tabla 7.** Resultados de los parámetros Agua Residual Doméstica.

Muestra 1. Agua residual doméstica (cocina y lavandería)			
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE PERMISIBLE
Aceites y Grasas	$\frac{mg}{L}$	160	Ausencia
Potencial de Hidrógeno		7,1	6-9
Conductividad	(us/cm)	908	-
Turbidez	(*NTU)	306	-
Demanda Biológica de Oxígeno, DBO	$\frac{mg O_2}{l}$	689	100
Demanda Química de Oxígeno DQO	$\frac{mg}{l}$	1008	200
Oxígeno disuelto	$\frac{mg}{l}$	3,9	3
Sólidos Sedimentables	$\frac{ml}{l}$	3,3	-
Sólidos disueltos totales	$\frac{mg}{l}$	720,1	-
Temperatura	°C	19,2	± 3
Nitrógeno total	$\frac{mg}{l}$	45,2	50
Fósforo total	$\frac{mg}{l}$	10	10

**Fuente:** Autor.

Según el estudio de tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la cocina y lavandería realizado por ( Torres & Briceño, 2016) mediante la utilización de COLEÓPTEROS SCARABAEIDAET, en la caracterización del agua obtuvieron

$DBO_5$   $411 \frac{mg O_2}{l}$  y  $DQO$   $1220 \frac{mg}{l}$ , junto a los parámetros de sólidos totales y sólidos suspendidos totales, dichos valores son similares a los obtenidos en el presente estudio.

**Tabla 8.** Análisis fisicoquímico del efluente sin tratamiento biológico.

Parámetros Analizados	Muestras				Unidades
	0	1	2	3	
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	467	220	154	411	$\frac{mg O_2}{l}$
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	1710	500	271	1220	$\frac{mg}{l}$
<b>Sólidos totales</b>	1790	720	406	1256	$\frac{mg}{l}$
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	790	220	145	350	$\frac{mg}{l}$

**Fuente:** ( Torres & Briceño, 2016)

Comparado con lo reportado en la caracterización de agua residual de otros autores (Martínez & Niño, 2013) en el Estudio de las Aguas Grises Domésticas en tres Niveles Socioeconómicos de la Ciudad de Bogotá los resultados de  $DBO_5$ , el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de  $240 \frac{mg O_2}{l}$ , a  $684 \frac{mg O_2}{l}$ , mientras que  $DQO$ , el rango de concentraciones en las muestras caracterizadas fue de  $467,3 \frac{mg O_2}{l}$ , y  $1469,3 \frac{mg O_2}{l}$ . El agua residual analizada en este trabajo fue proveniente de lavaplatos, lavamanos, lavadero, lavadora, limpieza general y ducha.

- *Muestra Agua Residual Quesera*

Se puede evidenciar los parámetros que están sobre el límite máximo permisible estipulados en el Acuerdo Ministerial 097 de aguas para riego siendo: aceites y grasas  $333,63 \frac{mg}{l}$ ,  $DBO_5$   $27153 \frac{mg O_2}{l}$ ,  $DQO$   $31967 \frac{mg}{l}$ , y Oxígeno Disuelto  $3,6 \frac{mg}{l}$ .

**Tabla 9.** Resultados de los parámetros Agua Residual de Quesera.

Muestra 2. Agua residual quesera			
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE PERMISIBLE
Aceites y Grasas	$\frac{mg}{L}$	333,63	Ausencia
Potencial de Hidrógeno		5,51	6-9
Conductividad	(us/cm)	55,23	-
Turbidez	(*NTU)	719	-
Demanda Biológica de Oxígeno, DBO	$\frac{mg O_2}{l}$	27153	100
Demanda Química de Oxígeno DQO	$\frac{mg}{l}$	31967	200
Oxígeno disuelto	$\frac{mg}{l}$	3,60	3
Sólidos Sedimentables	$\frac{ml}{l}$	6	-
Sólidos disueltos totales	$\frac{mg}{l}$	2717	-
Temperatura	<sup>a</sup> C	19.9	± 3
Nitrógeno Total	$\frac{mg}{l}$	140	50
Fósforo total	$\frac{mg}{l}$	39	10

**Fuente:** Autor

Valores comparados con la caracterización de agua residual para el diseño de una planta de tratamiento para una industria láctea en el cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua, análisis ejecutados en el laboratorio CESTA dan los siguientes resultados que tienen relación con los obtenidos en la caracterización. Sin embargo las variaciones presentes son por la presencia de yogurt, leche, quesos y naranjadas (Llanos, 2013).

**Tabla 10.** Resultados del laboratorio.

<b>Parámetros Analizados</b>	<b>20 - Sep.</b>	<b>21 - Sep.</b>
Aceites y grasas	308,4	415,1
DBO <sub>5</sub>	6800	12200
DQO	9812	18100

**Fuente:**(Llanos, 2013)

Según consultas bibliográficas de los autores (Arango & Sánchez, 2009) y (Condorchem Envitech, 2015) las estimaciones de agua residual de una industria láctea con un contenido de suero generado en la elaboración de quesos coincide que tiene un  $DBO_5$  del orden de 40.000 - 50.000  $\frac{mg}{L}$ .

En la comunidad existe la presencia de dos queseras artesanales la producción de cada una es alrededor de 25 quesos diarios, dejando agua residual 120 - 150 litros diarios, cuya carga contaminante presenta 31967  $\frac{mg}{l}$ , se propone que dichas empresas deberían tratar su agua o reutilizarla, sin embargo se propone que la descarga a la recolección de agua residual se elimine durante 24 horas en forma progresiva, si consideramos su caudal actual un tanque con una capacidad de 220 litros con una tapa que simule un sistema anaerobio y una llave para eliminar 104  $\frac{ml}{min}$ , de esta manera la carga se reduciría a 1000 ppm aproximadamente.

#### 5.4. Sensibilización a la comunidad

La población de la comunidad El Tejar Balbanera fue fundamental para concientizar sobre la importancia de la ejecución del proyecto a futuro.

Se realizó una socialización en la casa comunal con el objetivo de dar a conocer en que consiste el proyecto, capacitándolos en temas básicos: como la importancia del recurso hídrico y la reutilización del agua para riego, los asistentes se interesaron en el proyecto y se comprometieron a colaborar en las diferentes actividades. Detalle en el (Anexo E).

### 5.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento biológico

Una vez establecidos los parámetros que se encuentran fuera de los máximos permisibles establecidos en Acuerdo Ministerial 097 A.

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo al caudal de la población  $47,78 \frac{m^3}{día}$ . Detalle en el (Anexo I).

A continuación el dimensionamiento de las respectivas operaciones y procesos:

**Tabla 11.** *Resumen del Canal de Entrada.*

<b>Canal de Entrada</b>		
Ancho del canal	Bc	0,50 m
Ancho del canal en la zona de la rejilla	Br	0,10 m

**Fuente:** *Autor.*

**Tabla 12.** *Resumen del Desbaste- Rejilla Fina.*

<b>Rejilla Fina</b>		
Área del canal de la zona de rejilla	Ar	0,06 m <sup>2</sup>
Profundidad en la zona de rejilla	P	0,010 m
Pérdida de carga generada por la rejilla	$\Delta H$	0,007 m
Número de Barrotes	N	13
Tamaños de los barrotes	T	0,006 m

**Fuente:** *Autor*

**Tabla 13. Resumen de Diseño del Sedimentador.**

<b>Sedimentador</b>		
Área Superficial	As	4,2 m <sup>2</sup>
Longitud	L <sub>2</sub>	2,8 m
Longitud	L <sub>1</sub>	3,5 m
Velocidad Horizontal	Vh	0,04 $\frac{m}{seg}$
Tiempo de Retención	TRH	2,67 horas
Altura	h	1 m
Altura Máxima	$\hat{H}$	1,28
Espejo o Pelo de Agua	H	0,003 $\frac{m^2}{seg}$
Área de los orificios	A <sub>0</sub>	0,005 m <sup>2</sup>
Número de orificios	N	11
Espacio entre filas (orificios )	a <sub>1</sub>	0,002 m
Espacio entre columnas (orificios )	a <sub>2</sub>	0,9 m

**Fuente:** Autor.

**Tabla 14. Resumen de Diseño del Tratamiento Biológico.**

<b>Sistema Wetland</b>		
DBO <sub>5</sub> ENTRADA	DBO <sub>5</sub>	413,4 $\frac{mg}{L}$
DBO <sub>5</sub> SALIDA	DBO <sub>5</sub>	63,6 $\frac{mg}{L}$
Tiempo de detención	td	11 días
Altura	h	0,7 m
Volumen	V	525,58 m <sup>3</sup>
Área	A	750,82 m <sup>2</sup>

Ancho	W	15,82 m
Largo	L	47,46 m

**Fuente:** Autor

El resultado de la muestra de Agua Residual Doméstica y de la Quesera presentan valores considerables en los sólidos sedimentables, durante los 60 min de evaluación existió  $12 \frac{ml}{l}$  y  $6 \frac{ml}{l}$  respectivamente, es necesario un pretratamiento en este caso un desbaste o conocido como cribado mediante rejillas finas debido a la cantidad de partículas en suspensión. El sedimentador también participa dentro del pretratamiento y tiene por objeto separar del agua cruda partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm para reducir la presencia de aceites y grasas, detergentes y la turbidez del agua residual.

Un cociente  $\frac{DBO_5}{DQO} < 0,2$  nos indica de un vertido de tipo inorgánico (probablemente aguas residuales industriales), mientras que si es  $\frac{DBO_5}{DQO} > 0,6$ ; el vertido es orgánico (probablemente, aguas residuales urbanas, restos de ganado o industria alimenticia). Al determinar la relación del índice de biodegradabilidad siendo 0,7 y 0,8 se debe aplicar un tratamiento biológico.

Un sistema Wetland es una imitación del funcionamiento de un humedal natural conformado por grava, arena (una estructura que consta de piedra estratificada) en el que en un extremo ingresan las aguas al pasar por los tanques antes mencionados, además se utilizara especies como la Totora y Jacinto de agua por su facilidad para obtener, esto ayudará de forma práctica en la elaboración de abono orgánico para el suelo y el comercio en una forma directa a los artesanos. Con la aplicación se logrará una remoción directa de: DQO,  $DBO_5$ , color, turbidez, sólidos suspendidos totales, nitrógeno, fósforo y solidos sedimentables; y con una remoción indirecta de aceites y grasas que los resultados dieron un valor elevado. La eficiencia de este sistema es un 90% de remoción  $DBO_5$ , nitrógeno, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, DQO, color y turbidez.

La propuesta de diseño se encuentra reflejada en el Anexo J.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- ✓ El índice de biodegradabilidad de la relación  $\frac{DBO_5}{DQO} = 0,7$ ; indica un tratamiento biológico, se optó por el sistema Wetland Subsuperficial, para reducir la carga orgánica de las aguas residuales domésticas, el sistema diseñado permitirá en corto plazo mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.
- ✓ De los resultados de la caracterización del agua se determinó los parámetros que están fuera del límite máximo permisible para el uso de riego estipulados en la Tabla 3 del Acuerdo Ministerial 097 A, son aceites y grasas 160 mg/l, DBO<sub>5</sub> 689 mg/l, DQO 1008 mg /l, con el tratamiento biológico el agua queda en condiciones para reutilizarla para el riego y aportará al desarrollo agrícola de la comunidad.
- ✓ En el proceso de sensibilización con los habitantes de la comunidad El Tejar Balbanera han manifestado que es una necesidad erradicar la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida, su sustento de vida está basado en actividades como ganadería y agricultura principalmente, el comercio de sus productos agrícolas en la comunidad, por lo que requieren agua para el riego en buenas condiciones, la futura implementación del planta será un apoyo para las familias de la comunidad.
- ✓ La Planta de Tratamiento está conformada por: un canal de entrada, como pretratamiento desbaste o cribado mediante unas rejillas finas, seguido de un sedimentador y finalmente el sistema Wetland. El sistema fue dimensionado con una proyección para 15 años y con un caudal de diseño de 0,691 l/s.
- ✓ Los sistemas de depuración natural conocido como Wetland brindan la oportunidad de aprovechar los beneficios ligados a una gestión sostenible de los recursos hídricos y optimización del consumo, una consecuencia positiva para la zona, tomando en consideración que el agua tratada se reutilizara y servirá en gran parte al desarrollo agrícola de la zona, además ayudara en el cuidado y protección del ambiente descargando las aguas de una manera correcta con los limites adecuados. La finalidad de combinar dos

tipos de especies como la totora y el Jacinto de agua es validar el porcentaje de remoción y calidad del agua de riego, para definir un modelo de planta de tratamiento y replicar en las zonas aledañas.

## **6.2. Recomendaciones**

- ✓ Estudiar con mayor detalle la aplicación de estos sistemas para: volúmenes bajos, espacio físico suficiente y retiros periódicos de las plantas son un requerimiento necesario para optimizar la eficiencia de tratamiento.
  
- ✓ Capacitar a la comunidad sobre temas ambientales con la finalidad motivarles en a conservar los recursos naturales para las futuras generaciones.
  
- ✓ Al considerar a este tratamiento como tema piloto es necesario monitorear para verificar los resultados.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, A. R., & Camacho, C. K. E. (2012).** El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México., *14*(1), 78-97.
- Arango , O., & Sánchez, L. (2009).** *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LACTEA* . Pasto - Colombia : Vol 7 No. 2 Julio - Diciembre 2009.
- Arriola, E. (2015).** 2. Características Aguas Residuales.pdf. Recuperado 9 de junio de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/document/271698604/2-Characterísticas-Aguas-Residuales-pdf>
- Buitrón, R. (2010).** *Derecho Humano al agua en el Ecuador*. Quito-Ecuador: 1era. Edición Ediciones Abya-Yala.
- Candia, J. (2018).** Wetlands Artificiales Conama. Recuperado 8 de junio de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/document/353289712/Wetlands-Artificiales-Conama>
- CEPIS. (2005).** *Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida*. Lima: Manual I.
- Condorchem Envitech. (19 de Septiembre de 2015).** *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*. Obtenido de Ingeniería Ambiental: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>
- Chafloque, W. A. L., & Gómez, E. G. (2012).** Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, *9*(17), 85-96.

- FAO. (2013).** *Reutilización del agua en la agricultura: Beneficio para todos*. Roma: Edición Técnica en Español : División de Tierras y Aguas .
- FAO. (2015).** NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA (Especial). Ecuador.
- FUNDACION\_CARITAS. (2017).** *PROYECTO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES*. RIOBAMBA.
- GAD GUAMOTE, P. (2015).** *Plan de Ordenamiento Territorial de Guamote*. Palmira.
- García , J., & Corzo, A. (2008).** *Depuración con Humedales construidos* . Barcelona : Editorial Paraninfo, Madrid, 429 pp.
- González, C. (2011).** *Monitoreo de la calidad de agua*. Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas.
- IDEAM. (2007).** *TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES*. COLOMBIA : Versión 3 - Código: TI0187.
- INAMHI. (2012).** *ANUARIO METEOROLÓGICO*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- Jurado, D. (2016).** *DISEÑO PILOTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO DE INFILTRACIONES PROVENIENTES DEL DEPÓSITO DE MATERIAL INADECUADO DE MINERA LA ZANJA, PERÚ*. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa, PERÚ. Recuperado a partir de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/90913/TFM\\_M%C3%A1ster%20en%20RRNN%20%28Danilo%20Jurado%29.pdf?sequence=1&isAllowed=](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/90913/TFM_M%C3%A1ster%20en%20RRNN%20%28Danilo%20Jurado%29.pdf?sequence=1&isAllowed=)
- Lozano Rivas, W. A. (2012).** *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá-Colombia : pag . 49.

- Llanos, D. (2013).** *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lácteos "Pillaro" ubicada en el cantón Pillaro-Tungurahua.* Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2636/1/236T0068.pdf>
- Martínez & Niño, E. (2013).** ESTUDIO DE LAS AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EN TRES NIVELES SOCIOECONÓMICOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, 177.
- Melgarejo, J. (2009).** *Efecto ambientales y económicos de reutilización del Agua en España.* Universidad de Alicante : Asociación de Economía de Castilla-La Mancha.
- Mendoza, M. M. (2008).** *Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación y determinación de medidas en la subcuenca del río Copán.* Obtenido de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5323/Metodologia\\_para\\_el\\_analisis\\_de\\_vulnerabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5323/Metodologia_para_el_analisis_de_vulnerabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- METCALF, & EDDY. (1996).** *INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES.* España: Volumen 2. Tercera edición.
- Olivos, O. (2010).** *Características de las aguas residuales.* Lima - Perú : Universidad Alas Peruanas .
- Parra, R. (2009).** LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, (62), 16.
- Pech, O. M. S., & Ocaña, G. L. (2014).** TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES. *Kuxulkab'*, 19(36). Recuperado a partir de <http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/337>

- Pickers, S. (04 de 11 de 2015).** *Tamaño de una muestra*. Obtenido de psyma:<http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- PNUD. (2018).** *OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE* .Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Pucci, B. (2008).** CONSTRUCTED WETLANDS DEPURACIÓN NATURAL DE LAS AGUAS. *Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur-Sur*, 1(1), 12.
- Sanchez, L. (2009).** Tratamiento de aguas residuales en una industria láctea . *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* , Volumen 7 ; Número 2 .
- STANDARD METHODS. (2005).** *Métodos normalizados para el análisis de agua residual APHA,AWWA,WPCF*. Edición 22 .
- Tirado, D., Gallo, L., & Acevedo, D. (2016).** Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea. *Producción más Limpia*, 11(1), 171-184.
- Torres & Briceño (2016)** . TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO DOMÉSTICO A PARTIR DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE, 78

## GLOSARIO

- ✓ **Aguas residuales domésticas.-** Son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fosforo) y organismos patógenos.
- ✓ **Aguas residuales.-** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.
- ✓ **Caracterización de un agua residual.-** Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.
- ✓ **Carga promedio.-** Es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio, determinados en el mismo sitio.
- ✓ **Aguas de lluvias.-** Proviene de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, y la atmósfera pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; algunos metales pesados y otros elementos químicos tóxicos.
- ✓ **Flujo por gravedad.-** Movimiento de un flujo debido a una diferencia de altura.
- ✓ **Impacto ambiental.-** Cambio o consecuencia al ambiente que resulta de una acción específica o proyecto.
- ✓ **Impermeable.-** Que no permite el paso del agua.
- ✓ **Manejo de aguas residuales.-** Conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia en relación con aguas residuales.
- ✓ **Planta de tratamiento.-** Conjunto de obras, facilidades y procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

## ANEXOS

### Anexo A. Oficio de la Pastoral Social y Fundación Caritas



**Pastoral Social Caritas**  
**DIÓCESIS DE RIOBAMBA**

Riobamba, 09 de Abril del 2018

Dra.  
*Ana Mejía*  
**DIRECTORA ESC. ING. AMBIENTAL UNACH**  
Presente

De mi consideración

Por este intermedio presento mi saludo fraterno y cordial, a la vez los mejores deseos de éxito en sus funciones.

En conversación mantenida con Ud. se concretó mantener un vínculo de acuerdo interinstitucional entre la Escuela de Ingeniería Ambiental de la UNACH y la Pastoral Social Caritas de la Diócesis de Riobamba, con la finalidad de contar con el apoyo de a Sta. Ximena Rashell Cazorta Vinueza para desarrollar su tesis en la comunidad El Tejar donde Pastoral Social Caritas ejecuta un proyecto de Desarrollo Comunitario.

En este marco solicito por su digno intermedio la disponibilidad inmediata de Sta. Ximena Rashell Cazorta Vinueza donde participan también jóvenes de la Universidad de Lovaina (Bélgica), el proyecto se llevará a cabo en la comunidad de El Tejar, cantón Guamote, que tiene como objetivo establecer un sistema de tratamiento Biológico de las aguas grises que se genera en dicha organización y su posterior reutilización para riego de pasturas.

Con la seguridad que mi petición sea atendida, expreso mis sentimientos de gratitud y estima.

Cordialmente



  
Ing. Luis Peñarreal E.  
**COORD. PROYECTOS**  
**PASTORAL SOCIAL CARITAS**  
**DIÓCESIS DE RIOBAMBA**

---

Pastoral Social Caritas Riobamba  
Dir. Espejo 24 – 28 y Orozco, esquina  
Telf. 2940956/ 0984297197  
[lrpe@hotmail.es](mailto:lrpe@hotmail.es)

## Anexo B. Muestras Compuesta

- Agua Residual de la Quesera

$$Vi = \frac{V * Qi}{n * Qp}$$

Vi	Porción de muestra
V	volumen total a componer
Qi	caudal instantáneo de cada muestra
Qp	caudal promedio durante el muestreo
n	Número de muestra

Caneca 60 L	Caneca 40 L	Balde 20 L
$Vi = \frac{V * Qi}{n * Qp}$	$Vi = \frac{V * Qi}{n * Qp}$	$Vi = \frac{V * Qi}{n * Qp}$
$Vi = \frac{4L * 60L}{3 * 40 L}$	$Vi = \frac{4L * 40L}{3 * 40 L}$	$Vi = \frac{4L * 20L}{3 * 40 L}$
$Vi = 2 L$	$Vi = 1.3 L$	$Vi = 0.7 L$

## Anexo C. Resultados del Laboratorio UNACH y ESPOCH



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Rashell Cazorla  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis UNACH  
**DIRECCIÓN:** Av. 11 de Noviembre y Caspicara

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 11 - 06 - 18

**TELÉFONO:** 0995481326

**FECHA DE INFORME:** 22 - 06 - 18

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 23 Agua residual doméstica, agua residual quesera.

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

AGUA RESIDUAL DOMESTICA		pH	Sólidos Totales disueltos (mg/L)	* Sólidos Sedimentables (ml/L)	* Oxígeno Disuelto (mg/L)	* Turbidez (NTU)	Conductividad (us/cm)	* DBO5 (mg O2/L)	DQO (mg/L)
DIA 1	CASA 1	7.28	760	5	0.85	134	1141	200	238
	CASA 2	8.8	970	2	5.8	131	1436	405	570
	CASA 3	7.78	584	0.4	5.17	128	897	1098	1400
DIA 2	CASA 1	7.51	571	0.2	2.67	151	455	380	468
	CASA 2	8.92	980	6	3.61	811	1461	520	768
	CASA 3	8.36	622	1	5.66	85	953	460	750
DIA 3	CASA 1	6.1	303	0.8	5.78	208	566	420	850
	CASA 2	6.38	574	20	5.67	444	679	380	640
	CASA 3	6.54	680	5	2.34	185	1230	720	1265
DIA 4	CASA 1	7	978	3	6.91	560	380	420	445
	CASA 2	6.5	678	2.5	2.8	309	580	580	700
	CASA 3	6.43	985	1	5.68	378	1125	879	1737
DIA 5	CASA 1	6.78	768	0.5	4.32	137	1245	620	850
	CASA 2	-	-	-	-	-	-	-	-
	CASA 3	6.75	678	2	1.65	590	786	2450	3670
DIA 6	CASA 1	6.2	987	3	1.12	236	898	400	720
	CASA 2	6.78	561	0.5	0.98	380	875	1160	1675
	CASA 3	6.2	567	4	1.67	370	764	875	1015

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.





## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

DIA 7	CASA 1	7.81	945	1	3.78	560	477	290	445
	CASA 2	6.8	760	7	5.5	185	1235	1325	1605
	CASA 3	6.4	451	1.5	5.3	135	985	205	355
PROMEDIO		7.1	720.1	3.3	3.9	306	908	689	1008

AGUA RESIDUAL QUESERA		pH	* Sólidos Totales disueltos (mg/L)	* Sólidos Sedimentables (ml/L)	* Oxígeno Disuelto (mg/L)	* Turbidez (NTU)	Conductividad (ms/cm)	* DBO5 (mg O2/L)	DQO (mg/L)
DIA 1	LECHERA	4.55	2734	6	2.68	874	4.02	19980	23000
DIA 2	LECHERA	5.45	1760	5	3.61	410	156.5	39980	48100
DIA 3	LECHERA	6.54	3657	7	4.51	874	5.17	21500	24800
PROMEDIO	LECHERA	5.51	2717	6	3.60	719	55.23	27153	31967

	Nitrógeno Total $\frac{mg}{L}$	Fósforo Total $\frac{mg}{L}$
AGUA RESIDUAL QUESERA	140	39
AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	45.2	10

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

**RESPONSABLE DEL ANÁLISIS:**  
Rashell Cazorla V.

**SUPERVISADO POR:**  
Dr. Juan Carlos Lara R.

  
Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**Nombre:** Rashell Cazorla

**Dirección:** Av. 11 de Nov y Caspicara

**Numero de muestras:** 2

**Fecha:** 28 / 05 / 2018

**Identificación:**

- Muestra 1. Agua residual doméstica
- Muestra 2. Agua residual quesera

Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Agua Residual Doméstica	Aceites y Grasas	$\frac{mg}{L}$	EPA 418,1	160
	Detergentes	$\frac{mg}{L}$	STANDAR 5540 - C mod METHODS	83.5

Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Agua Residual Quesera	Aceites y Grasas	$\frac{mg}{L}$	EPA 418,1	333.63
	Detergentes	$\frac{mg}{L}$	STANDAR 5540 - C mod METHODS	94

Análisis realizados por: Rashell Cazorla

Supervisado por:

BQM. YOLANDA BUENAÑO  
TECNICO LABORATORIO

## Anexo D. Encuestas



**Figura 12.** *Fotografías del desarrollo de las encuestas.*

**Fuente:** *Autor.*



**Esquema de la vivienda:**

Cocina
Baño
Jergue

¿Con que frecuencia salen de la comunidad?  
 Conoce algo referente al tema de las aguas residuales? **NO**  
 ¿En dónde lavan la ropa? Con que frecuencia lo hacen?  
 Cuál es su compromiso para utilizar agua para el riego?  
 ¿Cuántos baldes de agua ocupa usted en el día?  
 ¿Con que frecuencia se bañan?

**SERVICIOS BÁSICOS DE LA COMUNIDAD**

	BÁSICOS		SOCIALES	
	SI	NO	SI	NO
AGUA POTABLE	SI	NO	SI	NO
ALCANTARILLADO	SI	NO	SI	NO
ELECTRICIDAD	SI	NO	SI	NO
TRANSPORTE PÚBLICO	SI	NO	SI	NO
VIA DE ACCESO	SI	NO	SI	NO
TELEFONIA FIJA	SI	NO	SI	NO

**DISPONE DE RIEGO**

1. ASPERCIÓN	SI	NO
2. GOTEO	SI	NO

¿Le gustaría reciclar agua lluvia para la AU?  
 Consumo de agua potable/mes (m<sup>3</sup>):

3. OTROS

¿Conoce como reciclar agua lluvia?

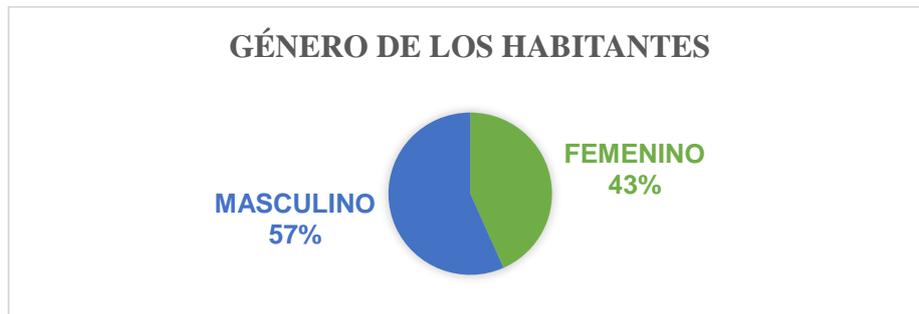
*Res: Quisiera utilizar 50 l/día  
 # aquí descargar el trabajo*

Figura 14. Modelo encuesta desarrollada en la comunidad El Tejar parte II.

Fuente: Autor.

✓ **Tabulación de los resultados aplicados en la encuesta**

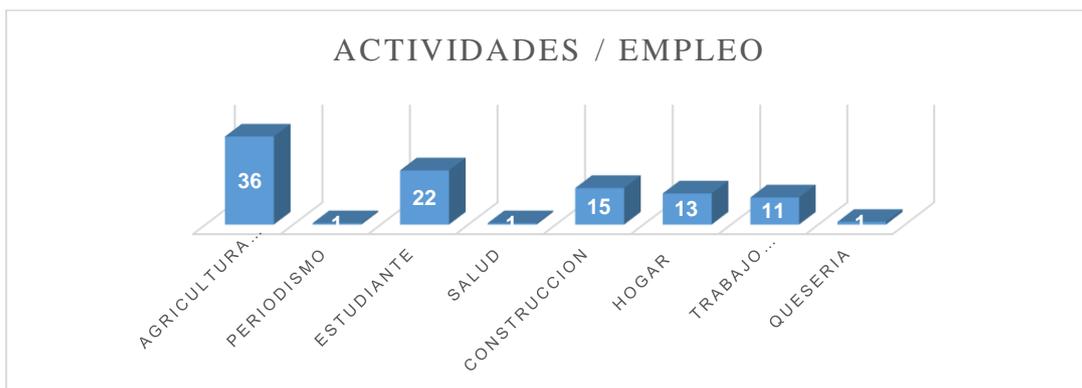
1. Género en la población



**Figura 15.** Género de los habitantes.

**Fuente:** Autor.

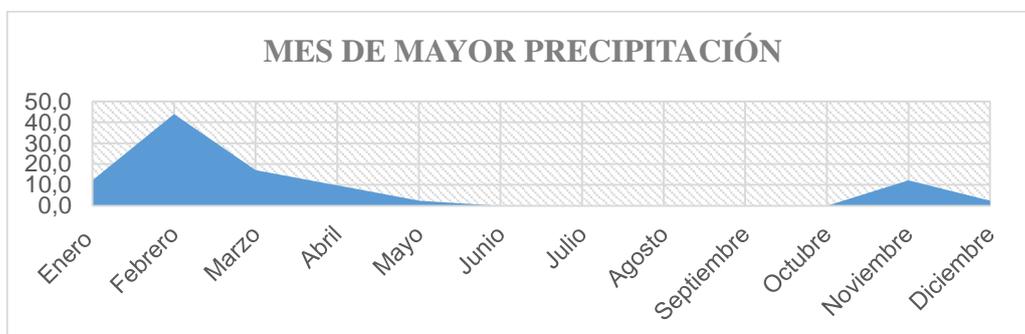
2. Empleo / Actividad a la que se dedica cada miembro



**Figura 16.** Actividades de los miembros de la comunidad.

**Fuente:** Autor.

3. ¿En qué mes existe mayor presencia de lluvia (precipitación)?



**Figura 17.** Mes de Mayor Precipitación en la comunidad El Tejar.

**Fuente:** Autor.

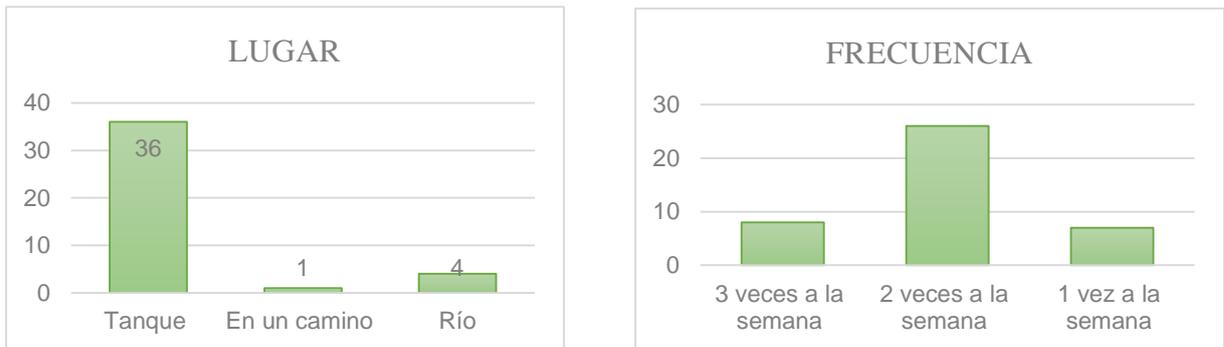
4. ¿Con qué frecuencia salen de la comunidad?



**Figura 18.** Frecuencia con la que salen de la comunidad El Tejar.

**Fuente:** Autor.

5. ¿En dónde lavan la ropa? ¿Con qué frecuencia lo hacen?



**Figura 19.** Lugar y Frecuencia con la que lavan la ropa.

**Fuente:** Autores.

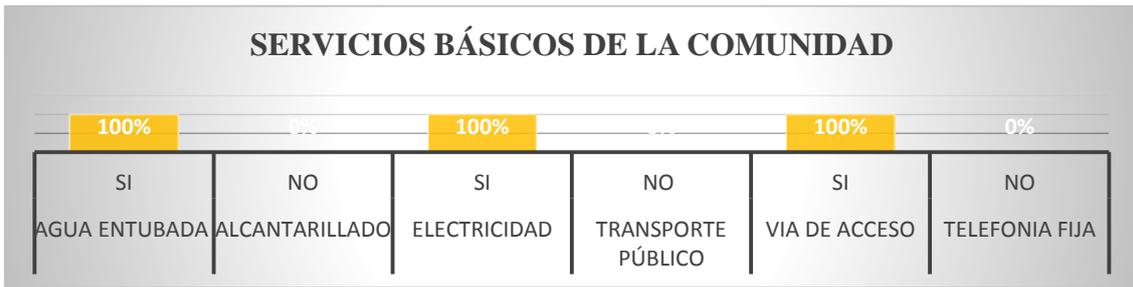
6. ¿Cuántos litros de agua ocupa usted en el día?



**Figura 20.** Litros de agua que ocupan al día.

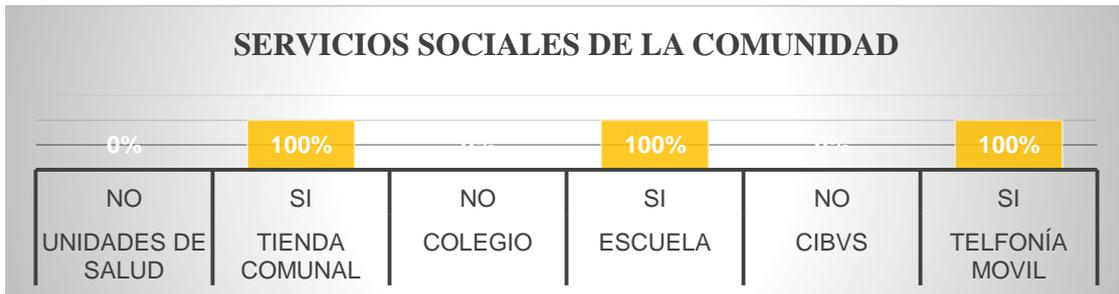
**Fuente:** Autor.

7. Servicios básicos y sociales que dispone la comunidad



**Figura 21.** *Servicios Básicos en la comunidad.*

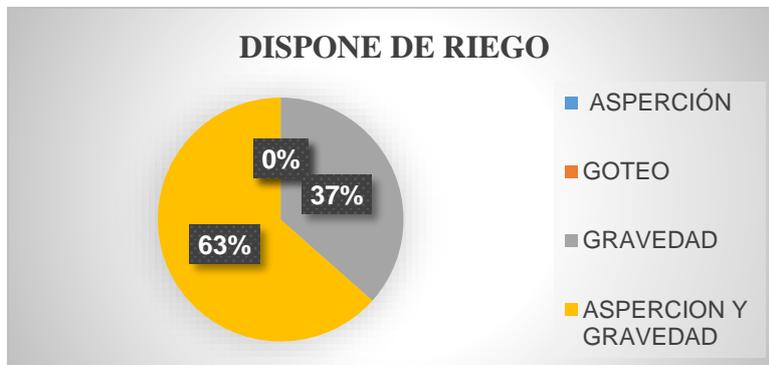
**Fuente:** Autores.



**Figura 22.** *Servicios Sociales en la comunidad.*

**Fuente:** Autor.

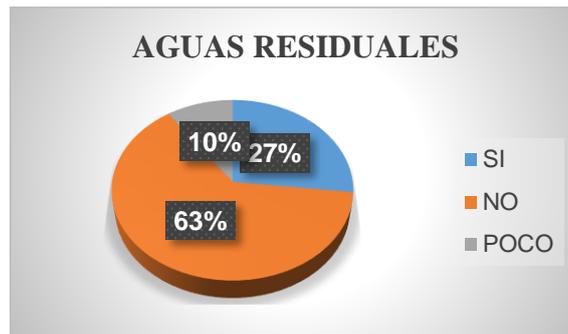
8. Tipo de riego que dispone en la comunidad



**Figura 23.** *Dispone de Riego.*

**Fuente:** Autor.

9. Conoce algo referente al tema de las aguas residuales



**Figura 24.** *Conoce sobre las Aguas Residuales.*

**Fuente:** *Autor.*

10. ¿Está de acuerdo que se reutilice el agua para riego en la comunidad?



**Figura 25.** *Reutilizar el Agua para riego.*

**Fuente:** *Autor.*

11. ¿Cuál es su compromiso para utilizar agua para el riego?

Inculcar en el hogar a controlar el uso del agua, no desperdiciar.

El agua después de un tratamiento puede ofrecer mejorar los ingresos de agricultores e incrementar las ventas de las hortalizas.

12. ¿Qué horario trabajan en la producción de quesos?

De 8 am a 11 am.

13. ¿Cuántos litros de agua residual de la quesera se obtiene diariamente?

Alrededor de 110 litros a 120 litros.

14. ¿Cuántos quesos elabora diariamente?

Fabrican de 25 a 28 quesos diarios.

## Anexo E. Sensibilización con la Comunidad



*Figura 26. Fotografías de sensibilización del proyecto con la Comunidad.  
Fuente: Autor.*

**Anexo F. Caracterización de Muestras de Agua Residual vs Riego**



Agua Residual de la Quesera Doméstica



Agua Residual Doméstica



**Figura 27. Caracterización de Muestras de Agua Residual vs Riego.**

*Fuente: Autor.*

## Anexo G. Trabajo en el Laboratorio



Sólidos Sedimentables



Demanda Bioquímica de Oxígeno



Viales del DQO



Aceites y Grasas



Aceites y Grasas despues del secado  
pesar en el erlenmeyer

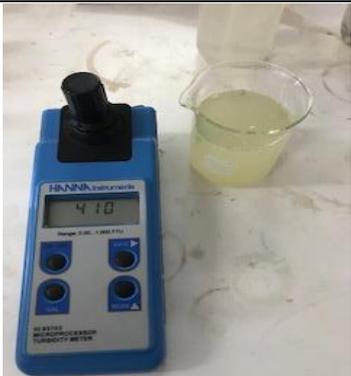


Detergentes

**Figura 28.** *Sólidos sedimentables, Demanda Bioquímica de Oxígeno, aceites y grasas, detergentes en Aguas Residuales.*

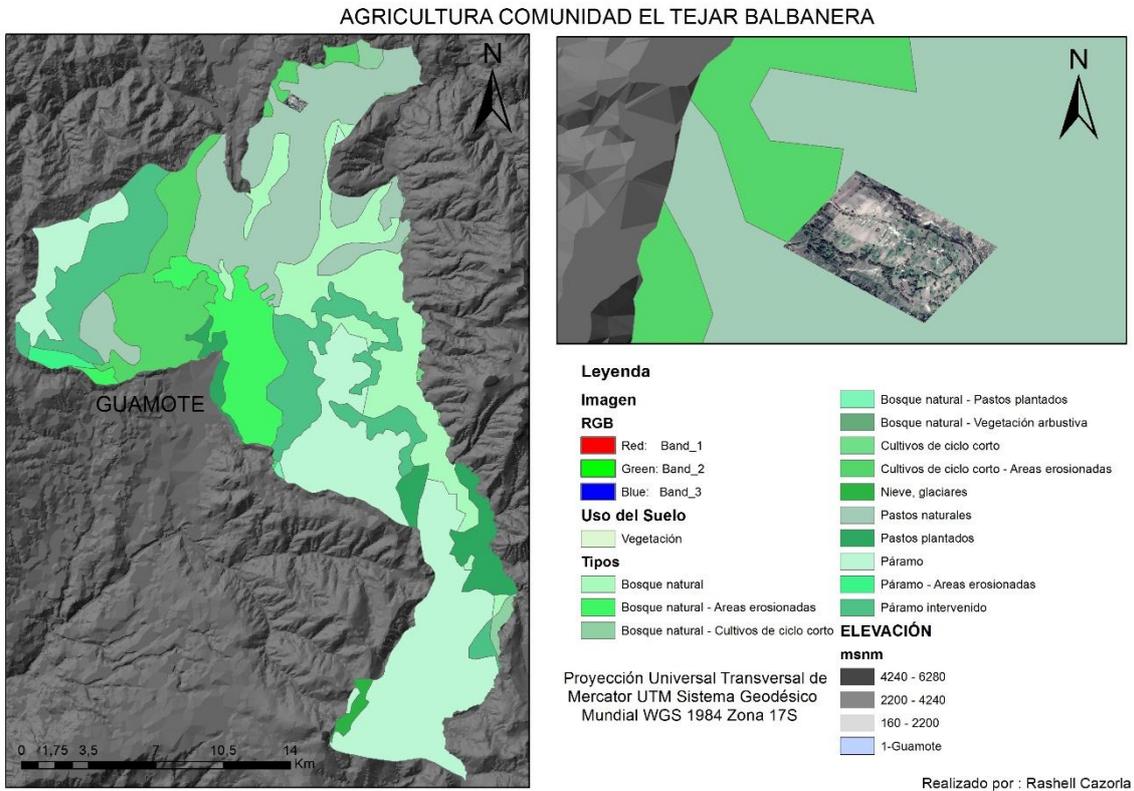
**Fuente:** Autor.

- Resultados en los equipos

 <p>Turbidez del Agua Residual Quesera</p>	 <p>Turbidez del Agua Residual Doméstica</p>
 <p>Demanda Bioquímica de Oxígeno Al 50% en una escala de 999</p>	 <p>Detergentes Análisis del Agua Residual Doméstica</p>

**Figura 29.** Resultados en los equipos.  
**Fuente:** Autor.

## Anexo H. Mapa de Agricultura en la comunidad



**Figura 30.** Mapa de Agricultura en la comunidad.  
**Fuente:** Autor.

## Anexo I. Dimensionamiento de la Planta de tratamiento

- ✓ Población Actual

Comunidad "Tejar Balbanera" 284 habitantes

- ✓ Población Futura 15 años

En el año 2033 se estima 388 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional del 2,1%

- ✓ Consumo diario de Agua

La dotación de agua que se tomara en cuenta para el estudio se estipuló lo que indica la norma la misma que para poblaciones menores a 5000 habitantes en clima frío, como es el lugar de estudio se estimara una dotación de 140 L/hab/día, mismo que coincide con el resultado de las encuestas.

**Tabla 15.** Dotaciones recomendadas según población y clima.

<b>POBLACIÓN</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN L/hab/día</b>
Futura hasta 5000 habitantes	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200

**Fuente:** CPE INEN

Donde:

$$C_D = N_H * C_{DH}$$

$C_D$  = Consumo diario de agua en el sector

$N_H$  = Número de habitantes en el sector

$C_{DH}$  = Consumo diario de agua por cada habitante

$$Cd = 388 \text{ hab} * 0,14 \frac{m^3}{\text{hab día}}$$

$$Cd = 54 \frac{m^3}{\text{día}}$$

- Cálculo de captación del caudal

Donde:

$$Q_{\text{capt}} = 1.05 * \text{CMD}$$

1.05= constante para el cálculo de estructuras de captación

CMD= Caudal Máximo Diario

$$Q \text{ captación} = 1.05 * 54 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$Q \text{ captación} = 57,02 \frac{m^3}{\text{día}}$$

- Cálculo de captación de tratamiento

Donde:

$$Q_{\text{trat}} = 1.10 * \text{CMD}$$

1.10= constante

CMD= Caudal Máximo Diario

$$Q \text{ tratamiento} = 1.10 * 54 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$Q \text{ tratamiento} = \underline{59,73} \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$Q \text{ 80\% A. Residual} = 47,78 \frac{m^3}{\text{día}}$$

**Tabla 76.** *Conversión de unidades.*

$\frac{m^3}{\text{día}}$	$\frac{m^3}{\text{seg}}$	$\frac{l}{\text{seg}}$
59,73	0,001	0,691

**Fuente:** *Autor.*

## Cálculo del diseño

### ✓ Canal de entrada

Si es cuadrado  $A = 0,16 \text{ m}^2$

### ✓ Desbaste

**Tabla 17.** *Parámetros para el diseño de rejillas.*

Parámetros	Valor o rango
Velocidad mínima de paso	0,6 m/s (a caudal medio)
Velocidad máxima de paso	1,4 m/s (a caudal punta )
Grado de colmatación estimado entre intervalos de limpieza	30%
Pérdida de carga máxima admisible	15 cm ( a caudal medio )

**Fuente:** *(Lozano & Rivas, 2012)*

Ecuación 1. Área del canal de la rejilla

$$A_r = B_c * \frac{L}{L+b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

Donde:

$A_R$  = área util del canal en la zona de la rejilla ( $\text{m}^2$ )

$B_C$  = ancho del canal (m)

$L$  = luz o espacio entre barrotes (m)

$b$  = ancho de los barrotes (m)

$G$  = grado de colmatación (usualmente es 30%)

$$A_r = 0,20\text{m} * \frac{0,012 \text{ m}}{0,012 \text{ m} + 0,015 \text{ m}} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$A_r = 0,06 \text{ m}^2$$

Ecuación 2. Profundidad en la zona de la rejilla

$$P = Q * \frac{b + L}{\left(1 - \frac{b}{100}\right) * V_p * L * Bc}$$

Donde:

$P$  = profundidad en la zona de rejillas (m)

$Q$  = caudal de aguas  $\left(\frac{m^3}{seg}\right)$

$V_p$  = velocidad de paso entre la rejilla  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$$P = 0,0005 \frac{m^2}{seg} * \frac{0,015 m + 0,012 m}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0,8 \frac{m}{seg} * 0,015 m * 0,20 m}$$

$$P = 0,010 m$$

Ecuación 3. Pérdida de carga

$$\Delta H = \frac{V_p^2}{9.1}$$

Donde:

$\Delta H$  = perdida de carga generada por la rejilla (m)

$V_p$  = velocidad de paso entre la rejilla  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$$\Delta H = \frac{0,6 \frac{m^2}{seg}}{9.1}$$

$$\Delta H = 0,070 m$$

$$\Delta H = 7,0 cm$$

Ecuación 4. Número de barrotes

$$N = \frac{B_R - L}{b + L}$$

Donde:

$N$  = número de barrotes

$B_R$  = ancho del canal en la zona de rejilla (cm)

$L$  = luz o espacio entre barrotes (cm)

$b$  = ancho de los barrotes (cm)

$$N = \frac{10 \text{ cm} - 0,8 \text{ cm}}{1,5 \text{ cm} + 0,8 \text{ cm}}$$

$$N = 13,14$$

$$N = 13 \text{ barrotes}$$

Consideraciones

**Tabla 18.** *Tamaño de los barrotes.*

Parámetros	Valor o rango
Rejillas Gruesas	$\frac{1}{2}$ a 1 pulgada (1,3 cm a 2,5cm)
Rejillas Finas	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ a 1 pulgada (0,6 cm a 1,3 cm)

**Fuente:** (Lozano & Rivas, 2012)

### ✓ Sedimentador

Ecuación 1. Área Superficial

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} \frac{m^3}{seg}$$

$$V_s = \text{velocidad de sedimentación} \frac{m}{seg}$$

$$As = \frac{0,0005 \frac{m^3}{seg}}{0,00013 \frac{m}{seg}}$$

$$As = 4,2 m^2$$

Ecuación 2. Largo 2 y Largo 1

$$L_2 = \frac{As}{B}$$

Donde:

$As = \text{área superficial } m^2$

$B = \text{ancho } (m)$

$$L_2 = \frac{4,2 m^2}{1,5 m}$$

$$L_1 = L_2 + 0.7$$

$$L_2 = 2,8 m$$

$$L_1 = 2,8 m + 0.7$$

$$L_1 = 3,5$$

Ecuación 3. Velocidad Horizontal

$$Vh = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Donde:

$Q = \text{caudal } \frac{m^3}{seg}$

$H = \text{altura } (m)$

$B = \text{ancho } (m)$

$$Vh = \frac{100 * 0,0005 \frac{m^3}{seg}}{1,5 m * 1 m}$$

$$Vh = 0,04 \frac{m}{seg}$$

#### Ecuación 4. Tiempo de Retención

$$T_o = \frac{V}{Q}$$

Donde:

$$V = \text{volumen (m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{caudal } \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$T_o = \frac{1\text{m} * 1,5\text{m} * 3,5\text{m}}{0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$T_o = 2,67 \text{ horas}$$

#### Ecuación 5. Altura Máxima

$$\sim H = H + 0.1 * L_2$$

Donde:

$$H = \text{altura (m)}$$

$$L_2 = \text{largo (m)}$$

$$\sim H = 1 + (0.1 * 2,8)$$

$$\sim H = 1,28$$

#### Ecuación 6. Pelo de Agua

$$\hat{H} = \left( \frac{Q}{1.84 * B} \right)^{2/3}$$

Donde:

$$Q = \text{caudal } \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$B = \text{ancho (m)}$$

$$\hat{H} = \left( \frac{0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{1.84 * 1,5 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$\hat{H} = 0,003 \frac{m^2}{seg}$$

Ecuación 7. Área del Orificio

$$A_o = \frac{Q}{V_o}$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} \frac{m^3}{seg}$$

$$V_o = \text{velocidad de paso entre los orificios} \frac{m}{seg}$$

$$A_o = \frac{0,005 \frac{m^3}{seg}}{0,1 \frac{m}{seg}}$$

$$A_o = 0,005 m^2$$

Ecuación 8. Número de Orificios

$$n = \frac{A_o}{d_o}$$

Donde:

$$A_o = \text{pantalla difusora} m^2$$

$$d_o = \text{diámetro de los orificios}$$

$$n = \frac{0,005}{0,0005}$$

$$n = 10,85$$

$$n = 11$$

Ecuación 9. Distancia para los orificios filas

$$a_1 = \frac{h}{nf}$$

$$a_1 = \frac{0,6}{365}$$

$$a_1 = 0,002 \text{ m}$$

Ecuación 10. Distancia para los orificios columnas

$$a_2 = \frac{B - a_1 * (nc - 1)}{2}$$

$$a_2 = \frac{2,3 - 0,002 * (365 - 1)}{2}$$

$$a_2 = 0,9 \text{ m}$$

✓ **Sistema Wetland**

Ecuación 1.  $DBO_5$  y  $ST$

$$DBO_5 = (1 - 0,4) * DBO_5$$

$$ST = (1 - 0,4) * ST$$

$$DBO_5 = (1 - 0,4) * 689$$

$$ST = (1 - 0,4) * 720,1$$

$$DBO_5 = 413,4 \frac{mg}{L}$$

$$ST = 432,06 \frac{mg}{L}$$

Ecuación 2. *Cálculo del Tiempo de detención*

$$t_d = \frac{h * DBO_5}{2,8 * \Im * I}$$

Donde:

h= profundidad elegida

$\mathfrak{S}$  = factor para la reducción del 90%

I= radiación solar para un día despejado

$$t_d = \frac{70 \text{ cm} * 413,4 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{2,8 * 1,6 * 584,21 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 * \text{día}}}$$

$$t_d = 11,05 \text{ días}$$

Ecuación 3. Área

$$A = \frac{Q * td}{h}$$

Donde:

h= profundidad elegida

Q = Caudal  $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

td= tiempo de detención

$$A = \frac{47,78 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 11 \text{ días}}{0,70 \text{ m}}$$

$$A = 750,82 \text{ m}^2$$

Ecuación 4. Volumen

$$V = Q * t$$

Donde:

Q= caudal  $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

t = tiempo (días)

$$V = 47,78 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 11 \text{ días}$$

$$V = 525,58 \text{ m}^3$$

Ecuación 5. Ancho

$$W = \sqrt{\frac{A}{x}}$$

Donde:

A= área  $m^2$

x = largo/ancho (2, 3, 5, 7)

$$W = \sqrt{\frac{750,82 \text{ m}^2}{3}}$$

$$W = 15,82 \text{ m}$$

Ecuación 6. Largo

$$L = W * X$$

Donde:

W= ancho m

X = largo/ancho (2, 3, 5, 7)

$$L = 15,82 \text{ m} * 3$$

$$L = 47,46 \text{ m}$$

Entonces  $DBO_5$  final :

$$DBO_5 \text{ final} = \frac{DBO_5 \text{ ingreso}}{(K * td) + 1}$$

$$DBO_5 final = \frac{413,4 \frac{mg}{L}}{(0,50 * 11 \text{ días}) + 1}$$

$$DBO_5 final = 63,6 \frac{mg}{L}$$

### Adquisición de un tanque plástico 2 Queseras Domésticas



**Figura 31.** *Tanque plástico de 220 litros.*

**Fuente:** *Plásticos HADDAD.*

**Anexo J. Planos del diseño de la planta de tratamiento**

