

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



PROYECTO DE GRADO

**“ESTUDIO TÉCNICO DE PREINVERSIÓN PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE  
BIODIGESTORES FAMILIARES PARA LA COMUNIDAD  
DE ANDAMARCA DEL MUNICIPIO DE GUAQUI”**

POR: MIGUEL ANGEL LIMACHI RAMIREZ

TUTOR: ING. JUAN PABLO FERNÁNDEZ ROCHA

LA PAZ – BOLIVIA

2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto de Grado

**ESTUDIO TÉCNICO DE PREINVERSIÓN PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE  
BIODIGESTORES FAMILIARES PARA LA COMUNIDAD  
DE ANDAMARCA DEL MUNICIPIO DE GUAQUI**

Presentado por: Univ. Miguel Angel Limachi Ramirez

Para optar el grado académico de licenciado en ingeniería industrial

Nota numeral: \_\_\_\_\_

Nota literal: \_\_\_\_\_

Ha sido: \_\_\_\_\_

Director de carrera de Ingeniería Industrial: Ing. M. Sc. Franz Zenteno Benítez \_\_\_\_\_

Tutor: Ing. Juan Pablo Fernández Rocha \_\_\_\_\_

Tribunal: Ing. José Castro Ordoñez \_\_\_\_\_

Tribunal: Ing. Patricia Salas Sánchez \_\_\_\_\_

Tribunal: Ing. Félix Orellana Sánchez \_\_\_\_\_

Tribunal: Ing. Hugo Mobarec Clavijo \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres y hermano que me apoyaron, dieron su confianza y paciencia en cada etapa del proceso de mi crecimiento y formación, quienes fueron y son mi fortaleza en momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

El principal agradecimiento a Dios por la gracia de la vida y mis padres por su apoyo constante.

A mis docentes por transmitirme sus conocimientos preparándome para mi desarrollo profesional en adelante.

A mi tutor por los consejos, su apoyo y paciencia en la elaboración de este proyecto.

# Contenido

ANTECEDENTES .....	1
1) Diagnóstico de la situación actual: .....	2
1.1) Determinación del área de influencia del proyecto y la población objetivo. ....	2
Comunidad Andamarca .....	3
Población objetivo .....	5
1.2) Características físicas del área de influencia.....	8
Fisiografía .....	8
Relieve y topografía.....	9
Elevación .....	9
1.3) Condiciones socioeconómicas de los beneficiarios. ....	10
1.4) Situación ambiental y de riesgos actual, así como adaptación al cambio climático.....	15
Clima .....	15
Temperatura .....	15
Precipitación .....	16
Impacto ambiental .....	17
Problemática.....	20
2) Objetivos generales y específicos. ....	23
Objetivo general .....	23
Objetivos específicos .....	23
3) Estudio de mercado. ....	24
3.1) Análisis de la demanda. ....	24
3.2) Análisis de oferta.....	27
Mercado competidor.....	27
Análisis de precios del mercado competidor.....	27
Demanda insatisfecha .....	28
4) Tamaño del proyecto. ....	29
4.1. Capacidad del biodigestor .....	30
5) Localización del proyecto.....	36
Macro localización .....	36
Micro localización .....	36
6) Ingeniería del proyecto: .....	37
i) Estudios básicos de ingeniería. ....	37

<b>Alternativa del proyecto en biodigestores</b> .....	37
<b>ii) Proceso de generación de biogás en biodigestores tubulares</b> .....	38
<b>iii) Proceso de generación de biol</b> .....	41
<b>iv) Diseño de componentes de ingeniería a detalle:</b> .....	42
<b>Memorias de Cálculo</b> .....	42
<b>Cómputos Métricos y Análisis de Precios Unitarios</b> .....	52
<b>Esquemas constructivos</b> .....	53
<b>iii) Cronograma de Ejecución</b> .....	55
<b>iv) Planos constructivos</b> .....	56
<b>vi) Especificaciones técnicas</b> .....	58
<b>7. Capacitación y asistencia técnica</b> .....	61
<b>Mantenimiento</b> .....	62
<b>7.1. Materiales, insumos y presupuesto necesario</b> .....	64
<b>8. Evaluación del impacto ambiental, en el marco de lo establecido en la Ley N° 1333</b> .....	65
<b>9. Análisis y diseño de medidas de prevención y gestión de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático</b> .....	68
<b>10. Determinación de los Costos de Inversión</b> .....	69
<b>Costos materiales para construcción de biodigestores</b> .....	69
<b>Costos de mano de obra directa e indirecta</b> .....	71
<b>Costos de capacitación</b> .....	71
<b>Costo de herramientas y materiales para instalación</b> .....	71
<b>Costo de accesorios necesarios para la carga diaria</b> .....	72
<b>11. Plan de Operación y mantenimiento y costos asociados</b> .....	73
<b>11.1. Plan de operación</b> .....	73
<b>12.2. Mantenimiento</b> .....	79
<b>12. Organización para la implementación del proyecto</b> .....	80
<b>13. Evaluación económica</b> .....	83
<b>13.1. Estructura de inversión</b> .....	83
<b>13.2. Sistemas de producción</b> .....	84
<b>13.2.1. Cuantificación monetaria por el tiempo invertido en la carga del biodigestor</b> .....	84
<b>13.3. Flujo de fondos</b> .....	90
<b>14) Evaluación social</b> .....	93
<b>15) Determinación de la sostenibilidad operativa del proyecto</b> .....	103

<b>16) Análisis de sensibilidad del proyecto.....</b>	<b>107</b>
<b>17) Estructura de financiamiento por componente.....</b>	<b>111</b>
<b>18) Cronograma de ejecución del proyecto.....</b>	<b>112</b>
<b>19) Pliego de especificaciones técnicas.....</b>	<b>114</b>
<b>20) Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>126</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>130</b>



## Índice de tablas

Tabla 1 Distribución de superficies según actividad de Andamarca del municipio de Guaqui en Km2.....	4
Tabla 2 Población de Guaqui .....	6
Tabla 3 Pobreza en el municipio del Guaqui .....	13
Tabla 4 Actividad económica.....	14
Tabla 5 Población de la comunidad de Andamarca .....	25
Tabla 6 Porcentaje de la población con acceso a por lo menos una garrafa .....	25
Tabla 7 Demanda pronosticada en base a la tasa de crecimiento.....	25
Tabla 8 Distribución de las plantas distribuidoras de GLP en garrafas .....	28
Tabla 9 Sector pecuario y especies animales .....	31
Tabla 10 Equivalencias energéticas del Biogás .....	32
Tabla 11 Parámetros según ancho de rollo.....	33
Tabla 12 Relación entre la longitud, radio y volumen total .....	34
Tabla 13 Tiempo de retención según la temperatura .....	36
Tabla 14 Evaluación de alternativa del proyecto .....	38
Tabla 15 Dimensiones de la zanja según ancho de rollo (AR) .....	43
Tabla 16 Características de funcionamiento del biodigestor.....	51
Tabla 17 Materiales y presupuesto estimado para la conducción de biogás .....	52
Tabla 18 Cronograma de actividades.....	55
Tabla 19 Materiales necesarios para cada componente de construcción del Biodigestor .....	58
Tabla 20 Presupuesto y materiales para capacitación .....	64
Tabla 21 Presupuesto y materiales para capacitación .....	64
Tabla 22 Posibles fuentes generadoras de impacto ambiental .....	65
Tabla 23 Impacto ambiental Ejecución.....	66
Tabla 24 Impacto ambiental en Operación .....	67
Tabla 25 Medidas de prevención .....	69
Tabla 26 Materiales y presupuesto estimado para la conducción de biogás .....	70
Tabla 27 Materiales para la capacitación .....	71
Tabla 28 Materiales adicionales que no tienen coste específico .....	71
Tabla 29 Presupuesto estimado de costo de mano de obra directa e indirecta.....	71
Tabla 30 Accesorios de dotación para la carga de biodigestores .....	73

Tabla 31 Accesorios de dotación para la carga de biodigestores .....	76
Tabla 32 Estructura de inversión.....	83
Tabla 33 Costo e ingreso de elaboración de queso por semana sin proyecto.....	85
Tabla 34 Costo de elaboración de queso por semana con proyecto .....	85
Tabla 35 Incremento de utilidad .....	86
Tabla 36 Costos de producción anual de papa (por Ha) .....	87
Tabla 37 Costo de producción para 10 cabezas de ganado bovino al año .....	88
Tabla 38 Ingresos de los beneficiarios .....	89
Tabla 39 Tasa de inflación según años .....	90
Tabla 40 Número de familias por año.....	91
Tabla 41 Depreciación .....	91
Tabla 42 Flujo de caja del proyecto .....	92
Tabla 43 Razón de precio cuenta de eficiencia .....	94
Tabla 44 Razón de precio cuenta para la evaluación de la implementación de biodigestores .....	94
Tabla 45 Causas de Morbilidad y Mortalidad.....	95
Tabla 46 Costos de diagnóstico y tratamiento médico de IRAs.....	96
Tabla 47 Costos de diagnóstico y tratamiento médico de EDAs .....	98
Tabla 48 Flujo de caja - Evaluación Social.....	99
Tabla 49 Comparación de criterios de evaluación .....	100
Tabla 50 Estrategias, objetivos, metas e indicadores de sostenibilidad del proyecto .....	105
Tabla 51 Suposiciones realizadas en el simulador .....	107
Tabla 52 Consideraciones para la las pruebas.....	108

## Índice de figuras

Ilustración 1 Municipio de Guaqui .....	4
Ilustración 2 Pirámide poblacional.....	7
Ilustración 3 Zonas y comunidades del municipio de Guaqui.....	10
Ilustración 4 Porcentaje de la población con acceso a desagüe y baño.....	12
Ilustración 5 Niveles de temperatura del municipio.....	16
Ilustración 6 Formas de eliminación de basura.....	18
Ilustración 7 Planteamiento del problema: árbol de problemas .....	22
Ilustración 8 Porcentaje de uso de energía para cocinar .....	24
Ilustración 9 Población vs demanda satisfecha e insatisfecha .....	26
Ilustración 10 Proceso de digestión anaeróbica .....	40
Ilustración 11 Dimensiones trapezoidales de la zanja.....	43
Ilustración 12 Estructura de biodigestor tubular prefabricado .....	50
Ilustración 13 Forma de la zanja, con los cortes longitudinal (A) y transversal (B).....	53
Ilustración 14 Esquema del sistema completo del biodigestor familiar, junto la con la conducción de biogás hasta la cocina, considerando la válvula de seguridad y el reservorio de biogás. ....	54
Ilustración 15 Amarre de los tubos de entrada y salida del biodigestor Introducción a zanja .....	54
Ilustración 16 Colocación de los tubos de entrada y salida para tener un nivel de lodo óptimo.....	55
Ilustración 17 Dimensiones del biodigestor.....	56
Ilustración 18 Diagrama de flujo funcional.....	77
Ilustración 19 Estructura orgánica .....	80
Ilustración 20 Probabilidad respecto el valor actual de los costos del proyecto.....	108
Ilustración 21 simulación de probabilidad respecto el valor actual de los costos del proyecto .....	109
Ilustración 22 Análisis de sensibilidad.....	110

## RESUMEN

El presente proyecto tiene el objetivo de determinar la viabilidad técnica y económica de la implementación e instalación de biodigestores familiares para generar biogás y biol a partir de estiércol de ganado vacuno y desechos orgánicos en los hogares de la población de Andamarca perteneciente al municipio de Guaqui, promoviendo la generación de energías renovables y sostenibles, así como la gestión adecuada de los residuos orgánicos.

Los biodigestores son sistemas que permiten la descomposición de la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaeróbicas, generando biogás y biofertilizantes como subproductos como lo es el biol, este biogás puede ser utilizado como energía para las cocinas, reduciendo así la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero.

En poblaciones de Bolivia como lo es Andamarca, donde la distribución de gas es limitada o de difícil acceso, la implementación de biodigestores puede brindar una solución energética sostenible y económica, además, los biofertilizantes generados pueden ser utilizados en la agricultura, mejorando la calidad y productividad de los cultivos.

Sin embargo, la implementación de proyectos de biodigestores en poblaciones de Bolivia enfrenta varios desafíos al tratarse de una tecnología poco conocida, pero a pesar de estos desafíos, se han llevado a cabo proyectos de biodigestores en poblaciones de Bolivia el año 2008, especialmente en zonas rurales donde la actividad agrícola es predominante, promoviendo así su adopción y replicación en otras comunidades.

La implementación del presente proyecto de biodigestores en la comunidad de Andamarca del municipio de Guaqui busca promover la generación de energía renovable y la gestión eficiente de los residuos orgánicos, brindando una solución energética sostenible y económicamente viable para comunidades que carecen de acceso a esta energía como lo es el gas (biogás), logrando avances significativos en la adopción de esta tecnología, demostrando los beneficios que puede ofrecer para el desarrollo sostenible de la población.

El financiamiento del proyecto involucra la gestión compartida de inversiones del Gobierno Autónomo Municipal de Guaqui y si fuera necesario las familias beneficiarias previo acuerdo entre las autoridades.

Ya que de acuerdo a la evaluación económica tanto como socioeconómica el proyecto desde el punto de vista social es operativamente viable y rentable por los ahorros que se dan por la mejora de la calidad de vida, previniendo enfermedades que podrían darse por el actual manejo de la bostas, además de ahorro en costo de la compra de fertilizante para la siembra, este ahorro es mayor al costo operativo que invertiría el operario en mano de obra operativa, pero no llega a cubrir la inversión al ser un proyecto de beneficio social, lo que indica que la construcción debe estar a cargo del municipio, o llegar a acuerdos de financiamiento compartido.

## **SUMMARY**

The objective of this project is to determine the technical and economic feasibility of the implementation and installation of family biodigesters to generate biogas and biol from cattle manure and organic waste in the homes of the population of Andamarca belonging to the municipality of Guaqui, promoting the generation of renewable and sustainable energy, as well as the proper management of organic waste.

Biodigesters are systems that allow the decomposition of organic matter through the action of anaerobic bacteria, generating biogas and biofertilizers as byproducts such as biol. This biogas can be used as energy for kitchens, thus reducing dependence on fossil fuels and reducing the emission of greenhouse gases.

In Bolivian towns such as Andamarca, where gas distribution is limited or difficult to access, the implementation of biodigesters can provide a sustainable and economical energy solution. In addition, the biofertilizers generated can be used in agriculture, improving the quality and crop productivity.

However, the implementation of biodigester projects in Bolivian towns faces several challenges as it is a little-known technology, but despite these challenges, biodigester projects have been carried out in Bolivian towns in 2008, especially in areas rural areas where agricultural activity is predominant, thus promoting its adoption and replication in other communities.

The implementation of this biodigester project in the community of Andamarca in the municipality of Guaqui seeks to promote the generation of renewable energy and the efficient management of organic waste, providing a sustainable and economically viable energy solution for communities that lack access to this energy such as is gas (biogas), achieving significant advances in the adoption of this technology, demonstrating the benefits it can offer for the sustainable development of the population.

The financing of the project involves the shared management of investments by the Autonomous Municipal Government of Guaqui and, if necessary, the beneficiary families after agreement between the authorities.

Since according to the economic as well as socioeconomic evaluation, the project from a social point of view is operationally viable and profitable due to the savings that occur due to the improvement of the quality of life, preventing diseases that could occur due to the current management of the manure, in addition to savings in the cost of purchasing fertilizer for planting, this saving is greater than the operating cost that the operator would invest in operational labor, but it does not cover the investment as it is a social benefit project, which indicates that construction must be carried out by the municipality, or reach shared financing agreements.

## ANTECEDENTES

En cuanto a los antecedentes de la construcción e instalación de biodigestores, se puede mencionar que, en nuestro país, asociaciones internacionales experimentadas, incluso con la participación del gobierno boliviano, se han introducido en el campo de potenciar el uso de energías renovables y se han realizado proyectos en algunas comunidades de nuestro país, como por ejemplo se pueden ver en “informes de proyectos del año 2013 de SNV, CIMNE, HIVOS, Existen experiencias pasadas con biodigestores tipo chino (Biodigestores de flujo semicontinuo de cúpula fija), y presentes con tubulares de plástico, de los que se han instalado en el país más de 1000 unidades. Además, se cuenta con un sector incipiente de esta tecnología que incluye un centro de investigación específico de biodigestores, biogás y biol.”<sup>1</sup>

Estas experiencias previas muestran la importancia de trabajar en este tipo de programas a nivel nacional, reforzando todas las áreas necesarias para la realización de estos proyectos como investigación , promoción, asistencia técnica , capacitación, control de calidad, estandarización de tecnologías, mecanismos financieros, y así también que se involucren las diferentes organizaciones nacionales para trabajar en estas áreas identificadas, consiguiendo con esto un aseguramiento de la sostenibilidad de los proyectos, (Plan de programa nacional de biodigestores de Bolivia, 2013).

Este programa culminó en los periodos establecidos cumpliendo el objetivo facilitar la instalación de biodigestores beneficiando 32500 personas en el periodo de 2013 a 2017, conocidos mediante el plan nacional de biodigestores realizados en Bolivia.

El acceso a servicios básicos no deja de ser una preocupación del estado, se conoce por medio del Plan de Desarrollo Económico Social que se realizó importantes avances al realizar

---

<sup>1</sup> Snv-Cimne-Hivos 2013 - Plan Nacional de Biodigestores de Bolivia, Biogás, Bolivia 2013



instalaciones de gas domiciliario y abastecer a la población especialmente a los hogares de escasos recursos económicos, pero a pesar de los avances no llegan a ser suficientes para llegar a toda la población y mucho menos a aquellas comunidades alejadas.

Posterior al periodo mencionado anteriormente no se han registrado proyectos similares de energías limpias de biodigestor con apoyo gubernamental, por lo que se ha convertido en una meta para el estado en su plan de sustitución a energías limpias y renovables como se menciona en el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES 2021 – 2025) en el eje nro. 4 sobre la profundización del procesos de industrialización de los recursos naturales, en su meta 4.3 menciona que el estado busca políticas y programas para “diversificar la matriz energética hacia la consolidación de fuentes de energía renovables y sustentables, generando excedentes para las exportaciones<sup>2</sup>” lo que busca incrementar las energías renovables y disminuir el uso de combustibles fósiles.

Con estos previos antecedentes y con el conocimiento de fundaciones y asociaciones que ha trabajado en el área, se plantea la elaboración de este proyecto destinado a la inversión pública, ya que llega a ser un sector adecuado para la implementación, para lo cual se realizan estudios adecuando la información y adaptando a las condiciones del sector potencial para una eficacia en el estudio técnico de implementación.

## **1) Diagnóstico de la situación actual:**

### **1.1) Determinación del área de influencia del proyecto y la población objetivo.**

En el mundo, así como en nuestro país es evidente el crecimiento poblacional, más personas requieren más recursos para saciar sus necesidades básicas y más personas también generan mayor contaminación, en nuestro país se pueden identificar 2 zonas principales de crecimiento

---

<sup>2</sup> Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES 2021 – 2025)

poblacional la zona rural y la urbana, y donde más dificultades se puede evidenciar es en la zona rural donde es difícil satisfacer las necesidades básicas dependiendo de la lejanía que tengan estas de la mancha urbana.

## **Comunidad Andamarca**

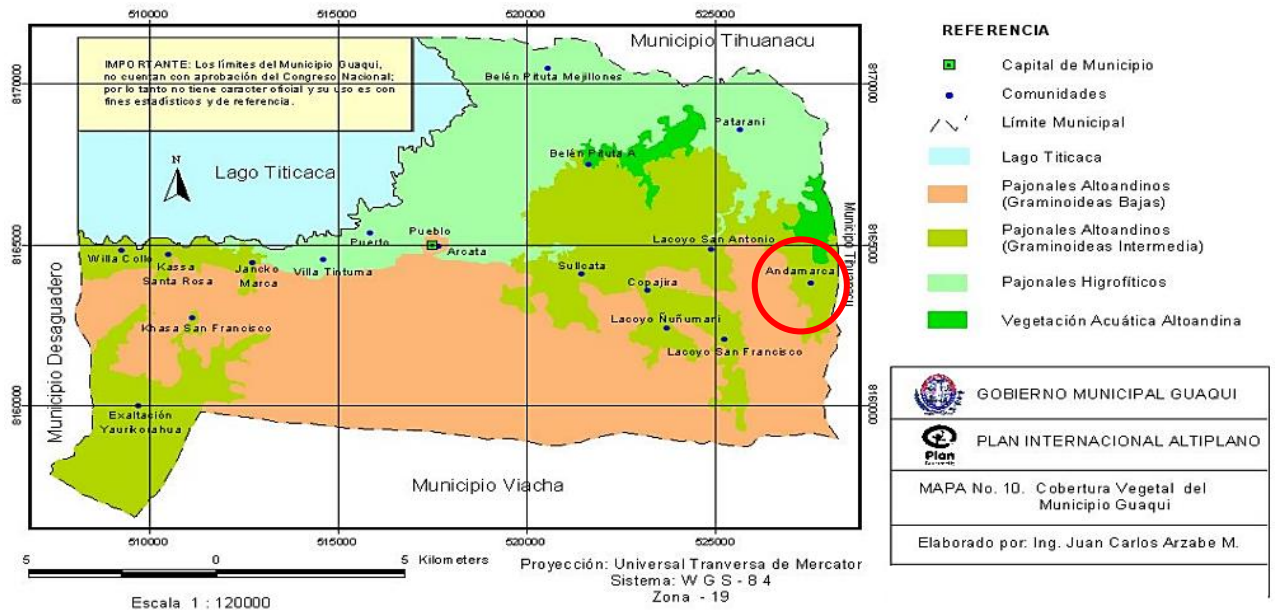
La comunidad de Andamarca está es un área considerada como un “sector lechero” esta se encuentra a cercanías del lago Titicaca por lo que cuenta con una amplia vegetación, lo que llevo a que los pobladores puedan practicar la crianza de animales, de los cuales se destaca el ganado vacuno la que se convierte en su actividad productiva, ya que de esta crianza pueden obtener leche vacuna para poder comercializarla en bruto o transformarla en productos para venderlos, esto hace de la comunidad un adecuado candidato, como las familias se dedican a esta labor cuentan con cierta cantidad de ganado lo que brindaría suficiente estiércol para el funcionamiento de los biodigestores propuestos, menguando la demanda insatisfecha de gas para los hogares por medio de la producción de biogás y además produciendo biol lo que ayudara en su actividad agrónoma a la cual se dedica también el sector, estas razones hacen de Andamarca una comunidad adecuada para el desarrollo de este proyecto, adema de otras cualidades y características que se mostraran a continuación.

### Datos de la comunidad

- Departamento: **La Paz**
- Provincia: **Ingavi**
- Municipio: **Guaqui**
- Latitud: **-16.6**
- longitud **-68.7667**

La comunidad de Andamarca se encuentra a cercanías del lago Titicaca, en una zona de vegetación adecuada para la crianza de ganado como se lo puede apreciar en la siguiente figura.

**Ilustración 1 Municipio de Guaqui**



Fuente: Plan de desarrollo municipal de guaqui PMD (2012)

La comunidad de Andamarca se encuentra a “3855 metros sobre el nivel del mar según el plan de desarrollo municipal de la gestión 2008 – 2012, esta población ubicada a cercanías del lago Titicaca, tiene una superficie territorial de 512.7 Km<sup>2</sup>”<sup>3</sup> la cual según las superficie se divide de la siguiente manera:

**Tabla 1 Distribución de superficies según actividad de Andamarca del municipio de Guaqui en Km2**

Comunidad	Andamarca
Superficie de terreno cultivable	252.3
Superficie de terreno cultivable en descanso	19.85

<sup>3</sup> PDM - Plan de desarrollo municipal de la gestión del municipio de guaqui, 2008 – 2012.

Superficie de pastos cultivados	17.8
Superficie de plantaciones forestales	0
Superficie de pastos naturales	185.44
Superficie de bosques o montes	0
Otras tierras	48.556
<b>Superficie total</b>	<b>512.7</b>

Fuente: INRA – Ministerio de desarrollo rural y tierras

Se puede ver que de manera fisiográfica las comunidades de Andamarca, Copajira, Lacoyo San Antonio, Lacoyo Ñuñumani, Lacoyo San Francisco, Arcata y Sullcata, están conformados por cerros que son utilizados para el pastoreo del ganado de los pobladores, en las superficies de piedemonte denominadas terrazas se utilizan para los cultivos como ser: papa, oca, haba y en la parte de llanura es donde existe cultivos de forraje como avena, cebada, cultivos de haba, quinua y pastizales.

### **Población objetivo**

La población del Municipio de Guaqui tiene una conformación alta de población adulta la cual ocupa el “34,83% (rango de edad entre los 18 años a mas)”<sup>4</sup> lo que es un porcentaje considerable del total de la conformación de la población, al ver la conformación de la población del Municipio de Guaqui se puede ver entender que también la población de Andamarca está conformada en su mayoría por la población adulta, esto es debido a la migración por parte de las población joven que interrumpen su permanencia por factores de estudio o económicos mayormente.

Dentro de la clasificación de la población según sexo según recabado de los últimos documentos oficiales se conoce lo siguiente:

---

<sup>4</sup> PDM - Plan de desarrollo municipal de la gestión del municipio de Guaqui, 2008 – 2012.

**Tabla 2 Población de Guaqui**

Nº	Comunidad	Varones	Mujeres	Total	Rural	Urbano
1	Andamarca	253	212	465	465	
2	Arcata	73	96	169	169	
3	Belén Pituta "A"	200	205	405	405	
4	Belén Pituta Mejillones	171	175	346	346	
5	Copajira	175	206	381	381	
6	Jancko Marca	79	105	184	184	
7	Khasa San Francisco	61	82	143	143	
8	Kassa Santa Rosa	101	126	227	227	
9	Lacoyo San Francisco	211	230	441	441	
10	Lacoyo San Antonio	316	346	662	662	
11	Lacoyo Ñuñumani	82	102	184	184	
12	Patarani	288	302	590	590	
13	Pueblo Guaqui	337	358	695		695
14	Puerto Guaqui	731	473	1.204		1.204
15	Sullcata A	309	333	642	642	
16	Villa Tintuma	180	211	391	391	
17	Willa Collo	75	93	168	168	
18	Exaltación Yauricorahua	129	126	255	255	
<b>Total</b>		<b>3.771</b>	<b>3.781</b>	<b>7.552</b>	<b>5.653</b>	<b>1.899</b>
<b>%</b>		<b>49,93</b>	<b>50,07</b>	<b>100,00</b>	<b>74,85</b>	<b>25,15</b>

Fuente: Censo comunal, autodiagnóstico comunal RPMD G, 2007, PDM 2012

Donde se puede ver que la población de Andamarca tiene una cantidad de habitantes totales de 465 hasta el año del censo que son los datos más actuales oficiales proporcionados por el municipio.

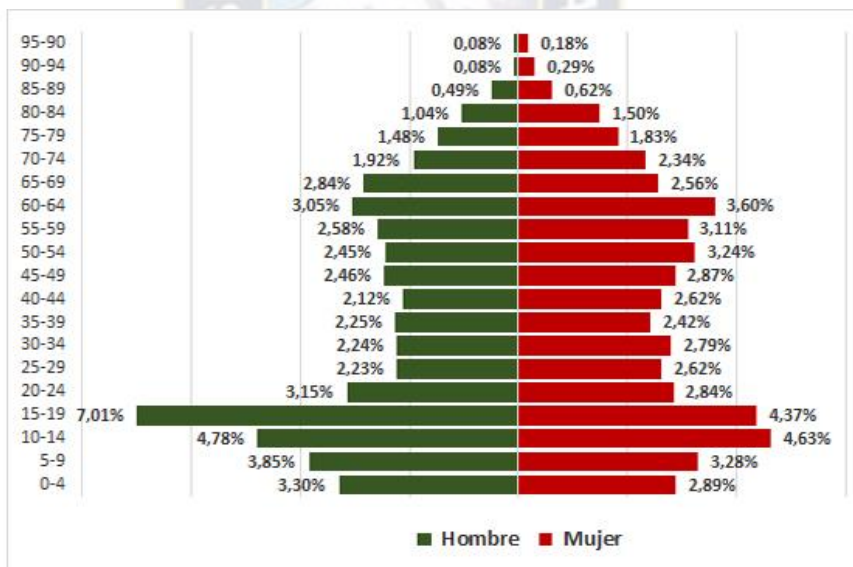
Las estrategias de desarrollo y las políticas públicas realizadas tanto en la comunidad como en el municipio deben estar dirigidas a mitigar la migración por parte de la población joven, para que esta población joven de manera directa o indirecta lleguen a ser también los beneficiados de programas y proyectos llevados a cabo por el Gobierno Municipal.

Es evidente que la población adolescente y joven prefiere migrar a las ciudades más pobladas o céntricas o incluso a países con el fin de poder desarrollarse y mantenerse económicamente, también sobre la población beneficiaria se puede observar que es muy frecuente el matrimonio

a temprana edad, lo que hace que esos nuevos matrimonios dejen sus estudios ya sean mujeres o varones para desarrollarse económicamente en su matrimonio siendo un impulsor en algún grado también para la migración.

Se puede ver que el crecimiento poblacional está basado principalmente en tres variables que son: la fecundidad, la migración y la mortalidad, de donde en el Departamento de La Paz y especialmente en el área rural se puede ver que la migración, es el factor que mayor impacto que tiene influencia para determinar la tasa de crecimiento sobre todo en municipios como lo es en el municipio de Guaqui, que se encuentra cercano a municipios que podemos llamarlos grandes como lo son El Alto y La Paz.

**Ilustración 2 - Pirámide poblacional**



Fuente: SEDALP - CNPV 2012. Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 INE

Según el plan de desarrollo municipal de Guaqui este municipio por el año 2019 tiene un tamaño promedio de 4 a 5 habitantes/familia con una densidad poblacional (habitantes/Km2) de 41,30. Que está conformada en su mayoría por personas de la tercera edad de los cuales sus hijos han emigrado temporal o definitivamente de la comunidad.

De acuerdo a los datos del Censo INE 2012, establece que el promedio de personas en los hogares del Municipio de Guaqui es de 4,5 personas por familia, este promedio no ha cambiado en demasía en relación a los datos del INE 2001, lo que muestra que el promedio poblacional no varía significativamente en la comunidad durante los años, lo cual se convierte en un dato fundamental debido al retroceso los censos dentro de nuestro país lo que proporcionaría nueva información oficial.

## **1.2) Características físicas del área de influencia.**

La población de Andamarca está constituida principalmente por terrenos Arenosos, fangosos, donde generalmente que se pueden ver en las cimas de los cerros y colinas y observar afloraciones rocosas de origen sedimentario, estas colinas y cerros al tratarse de un sector de pajonales y vegetación también son utilizadas para el pastoreo del ganado de la población.

### **Fisiografía**

Sobre la fisiografía el territorio del municipio de Guaqui, se cuenta con planicies y serranías de las cuales se conocer que el “70% del territorio del municipio son planicies para las actividades agrícolas y pecuarias.”<sup>5</sup>

Dentro del municipio en una distribución más detallada se conoce que “las serranías altas del sector llegan a ser el 58,7% de la superficie total del Municipio de Guaqui que se distribuye sobre el extremo centro y sur del Municipio. Las denominadas pies de serranías o llanuras ocupan el 33,4% de la superficie del Municipio de Guaqui y esta está caracterizada por presentar una disección moderada. Por ultimo las llanuras fluviolacustres llegan a ocupar el

---

<sup>5</sup> Plan territorial de desarrollo integral del municipio de Guaqui (2016 – 2020)

6,3% de la superficie total del Municipio, que llegan a ocupar los sectores desde el extremo Sur Este y Norte del Municipio.”<sup>6</sup>

En general son suelos de color café oscuro de una estructura débil y una textura liviana a media, lo que nos da un panorama del total del sector.

### **Relieve y topografía**

Sobre el relieve del Municipio de Guaqui este se encuentra conformado por una mezcla de serranías altas con formaciones de pendientes muy pronunciadas o grandes desniveles y también se conoce que existen

“Afloramientos rocosos de origen sedimentario formado por areniscas y andesitas donde los denominados pie de montes o serranías tienen pendientes entre 13 -25% y en lugares escarpados con pendientes de 25-55%, las llanuras también están constituidas con pendientes no muy inclinadas de 2-6% que conforman anticlinales estrechos y sinclinales amplios en sus formaciones.”<sup>7</sup>

Lo que nos muestra que el municipio presenta una topografía accidentada en su superficie, sobre las serranías y las llanuras que forman ondulaciones leves los cuales son susceptibles a inundaciones en su mayor proporción en lugares cercanos al lago.

### **Elevación**

La altitud del municipio con respecto al nivel del mar se encuentra entre 3.787 y 4.712 metros sobre el nivel del mar, del cual el punto más bajo se encuentra al noreste que esta sobre el margen del lago Titicaca y el más alto se encuentra sobre la serranía del Chilla.

Según el plan de desarrollo municipal de Guaqui la comunidad de Andamarca se encuentra a una altura aproximada de 3855 metros sobre el nivel del mar

---

<sup>6</sup> IBID

<sup>7</sup> PDM - Plan de desarrollo municipal de la gestión del municipio de guaqui, 2008 – 2012.

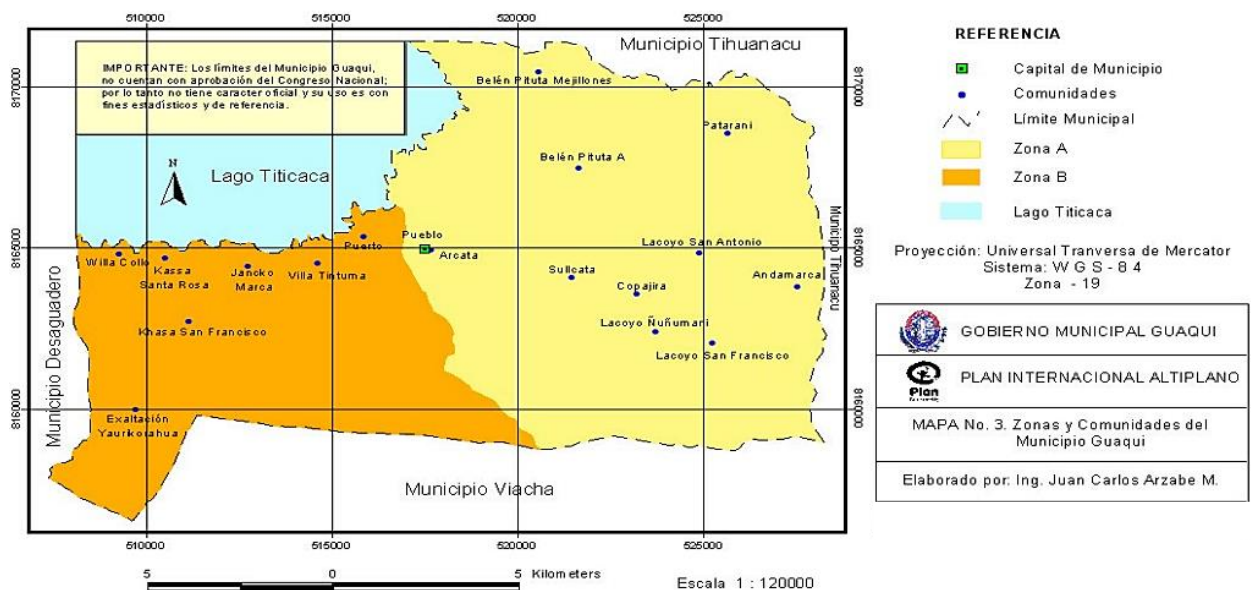


### 1.3) Condiciones socioeconómicas de los beneficiarios.

El municipio de Guaqui solo tiene un cantón y este está dividido en dos zonas denominadas A y B, las que constituyen las 18 comunidades rurales como se puede apreciar en el gráfico, una de las características principales de “la zona A, es la producción de leche y con uso intensivo de suelos. Mientras en la zona B las tierras son de baja calidad y es un rubro pesquero porque tienen acceso al lago.”<sup>8</sup>

#### Ilustración 3

#### Zonas y comunidades del municipio de Guaqui



Fuente: plan de desarrollo municipal de Guaqui 2012

La comunidad de Andamarca pertenece a la zona denominada A por su actividad pecuaria, lechera y agrícola dentro del municipio.

De esta división la mayor población se encuentra ubicada en la Zona A en comparación, ya que la Zona B esta generalmente constituida por personas de la tercera edad, se puede ver también que la población del Puerto mayor como así también del pueblo no son mayores a las

<sup>8</sup> Plan territorial de desarrollo integral del municipio de Guaqui (2016 – 2020)

mil personas, estas poblaciones tampoco cuentan con servicios básicos instalados solamente las dos poblaciones cercanas a la población de Guaqui centro del municipio cuentan con instalaciones de red de alcantarillado. Esto muestra que la población del Municipio de Guaqui aún tiene carencias de servicios básicos como ser, agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y gas además de su capacidad de generación de ingresos por lo que llega a ser importante observar como proyectos de beneficio social como el programa de política nacional Mi Agua contribuye en la mejora de la calidad de las personas, pero según el Sistema de Información Municipal Regionalizado del departamento de La Paz, casi el 69,2% de la población aún sigue en el umbral de la pobreza.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística, INE el crecimiento poblacional en Bolivia avanza a pasos muy grandes y la demanda por satisfacer las necesidades básicas incrementa a cada día, la población de Andamarca no está al margen de este crecimiento poblacional, De acuerdo a los datos del Censo INE 2012, establece que el promedio de personas en los hogares del Municipio de Guaqui es de 4,5 personas por familia, este promedio no ha cambiado en demasía en relación a los datos del INE 2001. (Plan territorial de desarrollo integral 2016-2020).

La población de Andamarca es una población rural que tiene orígenes aymaras la calidad de vida tiene incidencias en la vida de los pobladores, “la desnutrición aguda en menores de 2 años llega a un 10% y la incidencia de desnutrición crónica en menores de 2 años llega a 13%”<sup>9</sup>

---

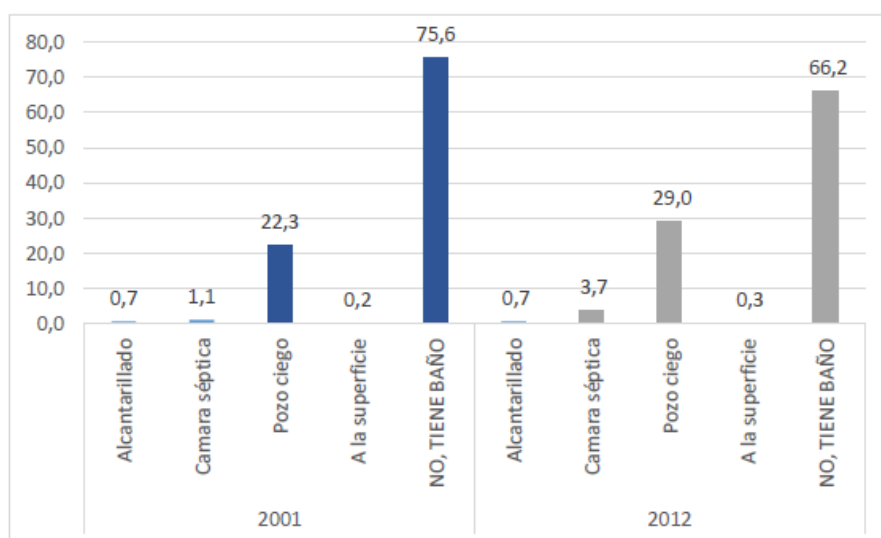
<sup>9</sup> Software de atención primaria en salud, SOAPS, 2015

Lo cual da una esperanza de vida promedio baja, incluso las infecciones que llegan a obtener los niños menores por la no adecuada manipulación de los alimentos en los hogares.

En cuanto a los servicios básicos de la población se puede evidenciar carencias muy notorias en los sistemas de alcantarillado, “la cobertura del servicio en saneamiento básico alcanza a 38,1 %,”<sup>10</sup> esto debido a que una gran mayoría de la población es dispersa y los servicios de baño son depositados en la intemperie, en el caso del radio urbano, de la misma manera, se cuenta con un servicio reducido de sistema de alcantarillado.

#### **Ilustración 4**

##### ***Porcentaje de la población con acceso a desagüe y baño***



Nota: grafico extraído del instituto nacional de estadística INE; 2012

En la gráfica se puede ver en comparación del año 2001 y el 2012 que son los datos más recientes del último censo como el porcentaje de familias sin desagüe disminuye, esto debido a la creación de pozos ciegos en ciertos sectores, pero aun así continúa existiendo una amplia población que no cuenta con el servicio.

<sup>10</sup> Plan territorial de desarrollo integral del municipio de Guaqui (2016 – 2020)

También se puede evidenciar que el uso de alternativas tradicionales a energías para la cocina de los hogares de esta población genera un trabajo mayor para los hombres, mujeres y niños también comprometiendo la salud y la higiene de estas familias ya que deben tener contacto con el humo y bostas que son estiércol de ganado seco, dentro de las cocinas que es utilizado para generar fogatas y así cocer los alimentos, estas bostas deben ser recolectadas de las áreas de pastoreo y acumularlas en cercanías de las viviendas para utilizarlas en los fogones (cocinas artesanales).

Por otra parte la falta de tratamiento de residuos agropecuarios que es la fuente de contaminación de acuíferos del lugar lo cual se convierte en una problemática, por estos motivos se ve la necesidad de solución a dichas problemáticas, de donde la implementación de biodigestores por parte de municipio sería una buena alternativa trabajando en mejorar la calidad de vida de los pobladores en salud, esfuerzos de trabajo en los niños o mujeres, contaminación y demás áreas involucradas, además disminuyendo el consumo subvencionado de GLP en áreas periurbanas.

Observando datos del censo nacional de población se puede evidenciar que el 69,8% de la población se encuentra dentro el margen de la pobreza en sus diferentes categorías como se puede ver en el siguiente cuadro.

**Tabla 3 Pobreza en el municipio del Guaqui**

<b>DETALLE</b>	<b>2001 (%)</b>	<b>2012 (%)</b>
<b>Población No Pobre</b>	<b>9,0</b>	<b>30,2</b>
Población con Necesidades Básicas Satisfechas (NBS)	1,6	7,1
Población en el umbral de pobreza	7,4	23,1
<b>Población Pobre</b>	<b>91,0</b>	<b>69,8</b>

Población con pobreza Moderada	44,6	55,7
Población con Indigencia	44,7	13,7
Población con pobreza Marginal	1,8	0,4

Fuente: SEDALP – CNPV 2012. Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 INE.

La caracterización de la pobreza toma como base el análisis de la carencia de los servicios básicos según el Censo realizado el año 2012 y el valor bruto de la producción (VBP).<sup>11</sup>

Por otra parte según el Censo Agropecuario del año 2013, se muestra que la carencia de servicios básicos “miden la calidad de las viviendas además factores como acceso a salud, energía eléctrica, educación, y agua potable.”<sup>12</sup>

Lo que muestra que existe la relación entre considerar pobreza a la falta o escases de servicios básicos que pueda tener cierta población, siendo así la comunidad de Andamarca no cuenta con los servicios básicos como alcantarillado, instalaciones de tuberías de gas.

En cuanto a la situación de empleabilidad del municipio de Guaqui y por ende la comunidad de Andamarca, se puede evidenciar un gran porcentaje de trabajadores en el sector agrícola, pecuario en ocupación principal como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

**Tabla 4 Actividad económica**

<b>SITUACIÓN DEL EMPLEO</b>	Trabajador(a) asalariado	18,4 %
	Trabajador(a) por cuenta propia	76,2 %
	Otras categorías ocupacionales	5,4 %
<b>GRUPO OCUPACIONAL</b>	Trabajador(a) de los servicios y vendedores	13,1 %
	Trabajadores agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros.	57,7 %
	Trabajadores de la construcción industria manufacturera y otros oficios	15,1 %
	Otros grupos ocupacionales	14,1 %

<sup>11</sup> VBP, Valor bruto de Producción

<sup>12</sup> Ministerio de planificación y desarrollo – 2016

<b>SECTOR ECONÓMICO</b>	Primario	61,5 %
	Secundario	5,9 %
	Terciario	32,6 %

Fuente: SEDALP - CNPV 2012. Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 INE.

Donde se observa que la mayoría de la población del municipio de Guaquí son trabajadores a cuenta propia como medio de sustento y este esta direccionado a la actividad agrícola en su mayoría, lo que muestra la dedicación del sector a la actividad con animales de ganado, esta situación no cambia, sino al contrario es una muestra de la comunidad de Andamarca ya que el sector se dedica principalmente a la actividad agrícola para sustentar su alimentación y ganadera para generar recursos vendiendo la leche producida por las vacas de crianza a empresas que recogen la leche y el excedente cuando no se vende, se realizan quesos para la comercialización.

#### **1.4) Situación ambiental y de riesgos actual, así como adaptación al cambio climático.**

##### **Clima**

El clima en el Municipio de Guaquí es de una región de montaña alta pero también zonas de régimen hidrológico tropical en sectores de cercanías al lago Titicaca esto hace que la temperatura del sector sea regulada, así también las precipitaciones del sector.

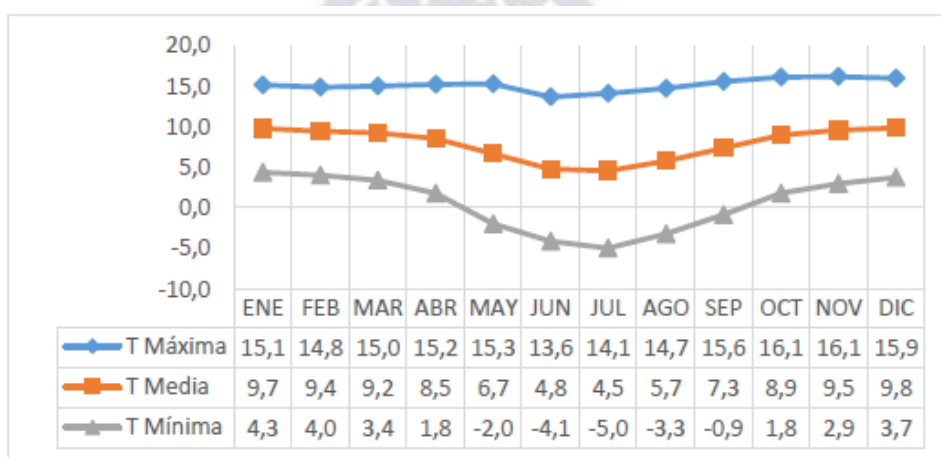
##### **Temperatura**

El municipio de Guaquí tiene un clima generalmente cálido y seco, relativamente uniforme espacialmente y estacionalidad específica temporalmente, con fuertes descensos de temperatura. Esto sucede en junio y julio ya que estos son los meses es común percibir temperaturas por debajo de los 0°C, las temperaturas varían dentro de los municipios dependiendo de la altitud y la cercanía del sector al lago y pueden tener “sensaciones mínimas

de 0,6 °C y llegar a máximas de 15,1 °C lo que hace una media de 7,8 °C,”<sup>13</sup> La fuente de los datos de temperatura corresponde al SISMET (Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología), que es la base de datos oficial en línea que pone a disposición del público el SENAMHI, a través de su página web: [www.senamhi.gob.bo](http://www.senamhi.gob.bo) y la estación utilizada es la denominada Huarina Cota Cota.

### Ilustración 5

#### *Niveles de temperatura del municipio*



Fuente: SENAPI – PDTI (2015 – 2020)

### Precipitación

La lluvia es uno de los factores más importantes ya que afecta la producción agrícola del municipio. Esta precipitación es generalmente la única fuente de humedad añadida al suelo de la población. Esta precipitación tiene un comportamiento similar a la distribución espacial de la precipitación media anual con un patrón decreciente norte-sur con la precipitación sobre el lago Titicaca debido a la influencia de la gran masa de agua del lago sobre la humedad.

Las distribuciones temporales de las precipitaciones son muy similares en toda la región: verano húmedo e invierno seco, esto se trata de un régimen típico y recurrente del lugar

<sup>13</sup> Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

existiendo un “periodo de lluvias de diciembre a marzo (máximos en enero) y el periodo seco de mayo a agosto (mínimo en junio-julio), siendo los meses restantes de transición.”<sup>14</sup>

La temperatura media anual del municipio es “de 7° C, y la precipitación pluvial de 620 milímetros por año,”<sup>15</sup> Sin embargo, estos valores no son constantes, ya que se ha comprobado que con el tiempo el cambio climático por el efecto invernadero es cada vez más severo, los periodos de lluvias y sequías están cambiando, y los procesos de siembra y cosecha están cambiando constantemente, y los meses lluviosos llegan a ser de diciembre a marzo, y la época seca de abril a noviembre.

En cuanto a la estructura geotécnica de Guaqui esta pertenece a la formación de depósitos aluviales donde el terreno de la llanura es plano, la pendiente es suave, las grietas son superficiales a profundas y las grietas son de color marrón oscuro, marrón rojizo y franco arcilloso. También se observaron rocas aisladas y cerros erosionados, con suelos pardo muy claro y oscuro y arcillas ricas en gravas y piedras.

La vegetación principal son pastos silvestres de diferentes especies, pastos nativos, thola, yareta, keñua, kiswara y otras especies adaptadas como eucaliptos y pinos. La flora lacustre está formada por totora y la azolla, la fauna está representada por patos silvestres, mariguanas, gorriones, halcones o alamares, perdices, gaviotas, etc. Las principales especies en el lago son karachi, suche, karío, ispi, pejerrej y algunas granjas de truchas de jaula flotante producidas por empresas privadas e individuales.

### **Impacto ambiental**

La población del Andamarca por sus características en el sector influye dentro del impacto ambiental en cuanto al tratamiento de los residuos, el municipio no cuenta con un sistema de

---

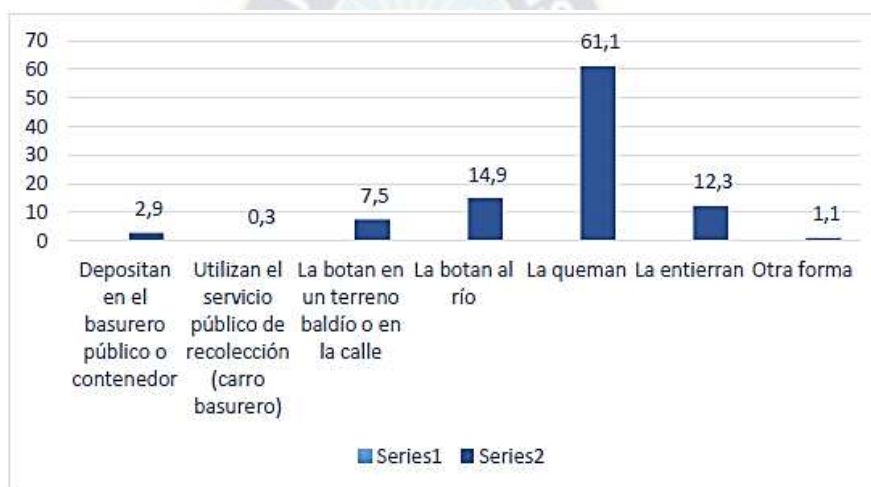
<sup>14</sup> PDM - Plan de desarrollo municipal de la gestión del municipio de guaqui, 2008 – 2012.

<sup>15</sup> Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)



recolección y mucho menos la población de Andamarca lo que ocasiona que la gran mayoría de la población realice quemas de los residuos de los hogares, generando contaminación ambiental, por quema o contaminación de ríos por tirar los residuos en las orillas de los ríos afectando al ecosistema compartido.

**Ilustración 6 Formas de eliminación de basura**



Fuente: gráfico extraído del sistema de planificación integral del estado INFO-SPIE,2019

Lo que nos muestra que la forma de eliminación de residuos cualesquiera sean estos es por medio de la quema principalmente seguido de tirarlo ya sea a los ríos o áreas desocupadas o enterrarlos lo que contamina el aire, suelo, los ríos de la comunidad.

Sobre el combustible utilizado para cocina de las familias del municipio y de la población de Andamarca es por la quema de bosta de vaca en los denominados fogones (cocinas artesanales) debido a que las familias realizan actividades pecuarias y cuentan con este recurso para utilizarlo como alternativa para la generación de energía para cocina, ya que en el sector no

existen fuentes combustibles como la madera, lo que contamina el medio ambiente y el medio en el cual viven los pobladores de la comunidad.

Es así como la quema de residuos, la evacuación de las aguas servidas del área urbana, así como también el manejo adecuado de la recolección transporte y tratamiento de los residuos sólidos llegan a ser los mayores problemas existentes en el Municipio.

El tirar residuos, enterrarlos y la no evacuación y tratamiento en forma correcta de las aguas servidas, está ocasionando la contaminación de los acuíferos subterráneos, lo cual debe ser controlado toda vez que todas las comunidades ocupan el agua subterránea para el consumo humano.

Por otra parte, la mala calidad de algunos tramos de los caminos vecinales afecta el transporte de productos agrícolas y ganaderos, especialmente en época de lluvias, por ser esta una de las actividades más importantes. De igual forma, el problema de seguridad de los ciudadanos en relación al problema de la vía, hace necesaria la construcción de paraderos de buses para descansar y esperar el transporte público en cada entrada de los barrios que forman parte de la vía principal, esto dificulta el abastecimiento por parte del carro repartidor que actualmente es el único suministro de garrafones de gas licuado de petróleo que existe en la comunidad.

Los problemas más importantes descritos anteriormente, asociados a otros detectados, y dadas las potencialidades existentes en el Municipio, motivan a las autoridades municipales y organizaciones sociales y productivas a plantearse diversos desafíos para alcanzar un adecuado desarrollo humano e integral, un efectivo desarrollo de la economía plural y un efectivo ordenamiento territorial.

Mediante el proyecto se coadyuvará en los objetivos propuestos dentro del municipio generando una fuente de energía limpia, disminuyendo a contaminación como lo menciona el plan territorial de desarrollo integral del municipio de Guaqui.

Siguiendo los lineamientos del plan territorial de desarrollo integral del municipio que menciona que el “respeto a la Madre Tierra está relacionado con la capacidad efectiva de promover el desarrollo de sistemas productivos sustentables y de reducir de forma significativa la contaminación ambiental por efecto del turismo y en el caso del agua mitigar los impactos del cambio climático de tal manera que garantice un uso sostenible y sustentable de los recursos naturales, como ser agua y suelo principalmente.”<sup>16</sup> Donde se quiere que los sistemas de vida contribuyan al equilibrio entre los sistemas de producción sostenible, protegiendo las funciones ecológicas y erradicando la pobreza extrema.

### **Problemática**

El evidente crecimiento poblacional a nivel mundial como en nuestro país es un dato que se debe tomar en cuenta por las autoridades encargadas de brindar o mejorar la calidad de vida de la población, porque a más crecimiento poblacional, más personas requieren más recursos para saciar sus necesidades básicas y más personas también generan mayor contaminación, en nuestro país se pueden identificar 2 zonas principales de crecimiento poblacional la zona rural y la urbana, y donde más dificultades se puede evidenciar es en la zona rural donde es difícil satisfacer necesidades básicas debido a su lejanía la mancha urbana.

Las zonas rurales particularmente no cuentan con servicios básicos o estos son bastante precarios, como ser agua, alcantarillado, energía eléctrica, y gas, siendo algunas poblaciones

---

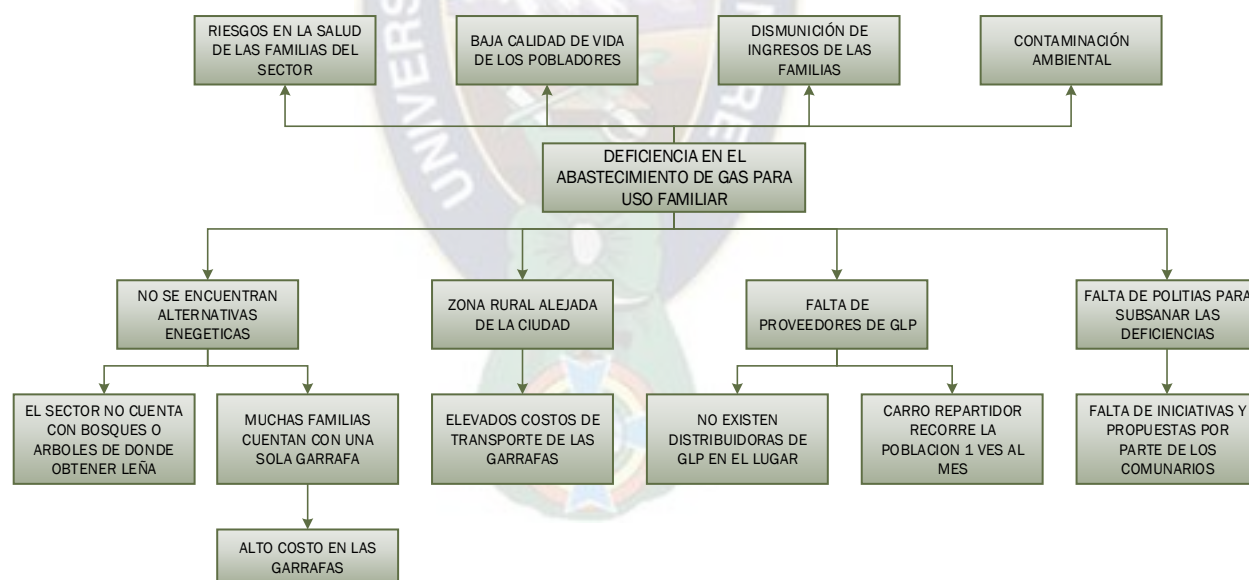
<sup>16</sup> Plan Territorial de Desarrollo Integral del municipio de Guaqui 2015-2020

más deficientes que otras. La población de Andamarca es un pueblo situado en el altiplano del departamento de la Paz a 1 h y 50 min y 92.4 kilómetros de distancia de la ciudad de La Paz, caracterizada por ser un sector lechero, al estar alejada de la zona urbana y la población más grande del lugar que es Guaqui. Esta no cuenta con todos los servicios básicos en los hogares, donde para cubrir sus necesidades se han dado alternativas para la energía eléctrica y aprovisionamiento de agua para su consumo y actividades que desarrollan, pero no cuentan con alcantarillado ni mucho menos instalaciones de gas, la población es proveída por botellones de gas una vez al mes lo que llega a ser insuficiente para saciar las necesidades de las familias del lugar, tradicionalmente la población recurre al uso de fuentes de energía alterna como el uso de bostas de ganado (estiércol seco de ganado) y materiales restantes de las actividades agrícolas para poder subsanar la deficiencia de gas en sus hogares para poder hacer cocer sus alimentos y procesar sus productos como el queso que consumen y comercializan, actualmente estos productos son elaborados en los fogones son el uso de bostas para la quema. Este uso alternativo de energías para la cocina de los hogares de esta población genera un trabajo mayor para los hombres, mujeres y niños, comprometiendo la salud y la higiene de estas familias por el contacto con el humo y el estiércol de ganado seco dentro de las cocinas que es utilizado para generar fogatas y así cocer los alimentos lo que podría contaminar los alimentos provocando infecciones en los miembros de la familia.

Asimismo, la falta de tratamiento de los residuos agrícolas, que es la principal fuente de contaminación del agua en la región, lo que indica la necesidad de solucionar este problema, donde la implementación de biodigestores para la generación de biogás por parte de la comunidad sería una buena alternativa mejorando la calidad de vida en todas estas zonas, así como la reducción del consumo de GLP subvencionado en las zonas periurbanas.

El principal problema encontrado se centra en la insuficiencia del aprovisionamiento de botellones de gas para cocinas familiares de la población de Andamarca, se conoce por datos del último censo que en el municipio solo el 52.1 % de la población cuenta con acceso a botellones de gas, que es limitado también, ya que estos botellones de gas se obtienen de un carro repartidor que viaja las comunidades 1 vez al mes teniendo que ser suficiente para la familia hasta que vuelva el carro el siguiente mes, lo cual no lo es, y optan por el uso de otras alternativas para compensar la deficiencia como el 33.8 % de la población del municipio que cocinan sus alimentos con bostas o guano, llegando a ser la problemática identificada como lo se puede apreciar en el siguiente esquema.

**Ilustración 7 Planteamiento del problema: árbol de problemas**



Fuente: Elaboración en a base a visitas al sector

La falta del acceso a este servicio básico para las cocinas de las zonas rurales es más que evidente y la Población de Andamarca no escapa de esta situación afectando el desarrollo económico, social, la salud de los habitantes de esta población por lo que el optar por una

alternativa sería adecuada y más si esta es amigable con el medio ambiente como los son los biodigestores produciendo energía renovable limpia, y además ayudando al medio ambiente por medio de la reutilización de residuos orgánicos con los cuales generar biomasa y esta genere biogás además de biol que es un fertilizante que sería de utilidad para el sector ya que se dedican a la actividad agrícola también.

Es evidente la problemática identificada dentro del municipio lo cual sería el punto de partida para poder realizar la propuesta de mejora en base al diagnóstico previo realizado.

## **2) Objetivos generales y específicos.**

### **Objetivo general**

Determinar la viabilidad técnica y económica de la implementación e instalación de biodigestores familiares para generar biogás y biol a partir de estiércol de ganado vacuno y desechos orgánicos en los hogares de la población de Andamarca perteneciente al municipio de Guaqui.

### **Objetivos específicos**

- Realizar el diagnóstico de la situación actual.
- Determinar el sistema de biodigestión más adecuado para la comunidad de Andamarca.
- Establecer un modelo de gestión acorde a los usos y costumbres de la población de Andamarca.
- Evaluar financiera y económicamente el proyecto.
- Adecuar el proyecto para ser presentado según requerimiento del artículo 11 del reglamento básico de pre inversión (Resolución Ministerial 115)

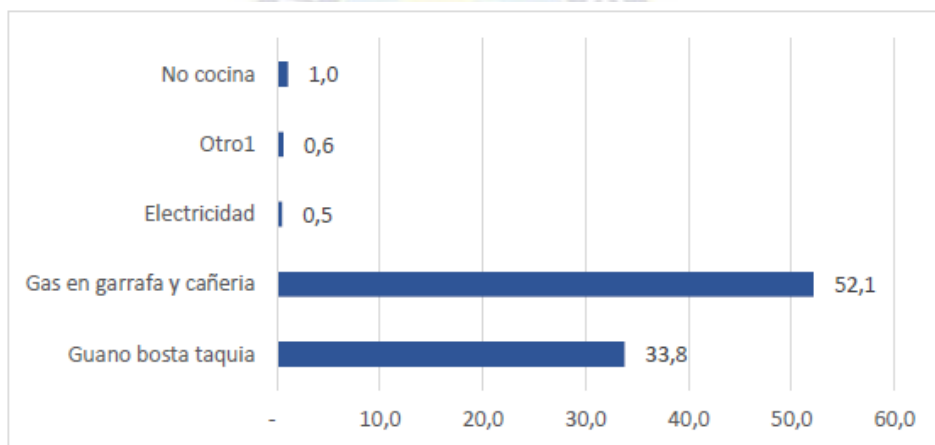
### 3) Estudio de mercado.

#### 3.1) Análisis de la demanda.

Con el análisis de la demanda podemos ver el impacto que tendrá el proyecto en la comunidad de Andamarca del municipio de Guaqui departamento de La Paz, así como el alcance y las limitaciones.

A continuación, se muestra cual es el combustible utilizado para la cocina de los hogares de la comunidad, según datos oficiales del último censo de población.

#### **Ilustración 8 Porcentaje de uso de energía para cocinar**



CNPV 2012. Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 INE.

Se aprecia en el gráfico que el mayor nivel de consumo está en el uso de la garrafa, seguido de la bosta de la vaca, esto se debe a que una gran cantidad de familias realizan actividades pecuarias y cuentan con acceso a este tipo alternativa de energía barata.

En la actualidad la situación no ha cambiado grandemente, las comunidades aún continúan utilizando botellones de gas debido a la lejanía de la comunidad. Esto nos da un panorama de la población que necesita el elemento energético para su desarrollo diario, la cual se convierte en nuestra población que demanda el elemento energético que proporcionan los biodigestores para su cocina.

Conociendo que este elemento energético es una necesidad para toda la comunidad podemos conocer la cantidad personas y por ende familias que demandan una manera de cocinar sus alimentos, usando el dato del “crecimiento poblacional de Guaqui que es del -0.33%”<sup>17</sup> (Según el Sistema de Información Municipal Regionalizado del Departamento de La Paz) del último censo obtenido el año 2012 y la cantidad de población de 465 habitantes de Andamarca podemos obtener el crecimiento actual y el pronosticado para los siguientes años, según los porcentajes de uso de energía para cocinar mostrado en el grafico anterior.

**Tabla 5 Población de la comunidad de Andamarca**

<b>Año base 2012</b>	
<b>Población de Anda marca</b>	465
<b>tasa de crecimiento poblacional</b>	-0,33%

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

**Tabla 6 Porcentaje de la población con acceso a por lo menos una garrafa**

<b>Área rural</b>	
<b>% que cocina a bosta de vaca</b>	<b>% con acceso a garrafas</b>
33,80%	52,10%
157,17	242,265

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

**Tabla 7 Demanda pronosticada en base a la tasa de crecimiento**

<b>año</b>	<b>Demanda (Hab.)</b>	<b>Con acceso a garrafas (Hab)</b>
<b>2012</b>	157	242
<b>2021</b>	153	236
<b>2022</b>	153	235

<sup>17</sup> SEDALP, Sistema de Información Municipal Regionalizado del Departamento de La Paz.  
<http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/fichamunicipal.php?mn=38>



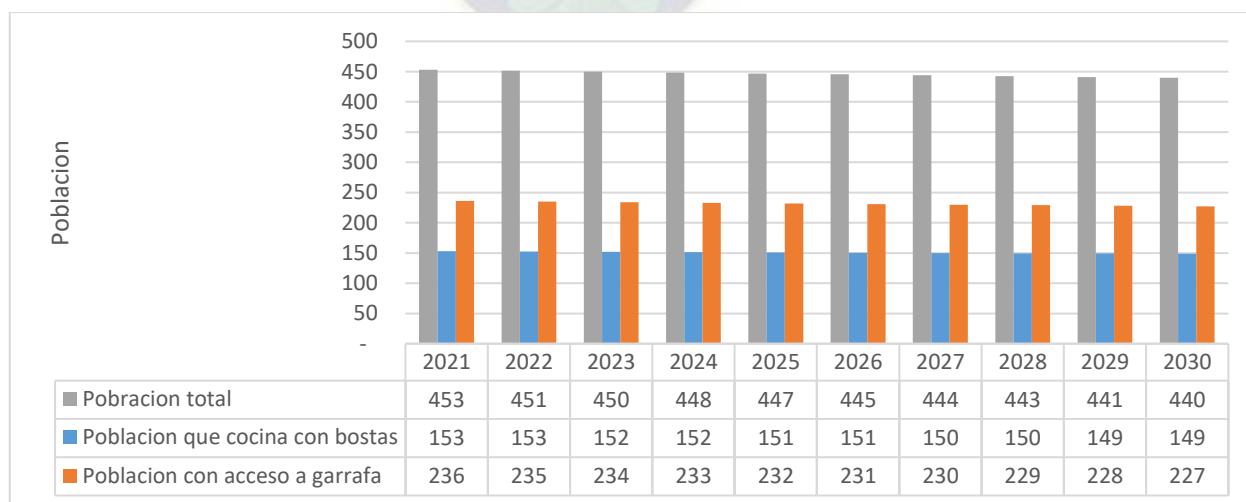
<b>2023</b>	152	234
<b>2024</b>	152	233
<b>2025</b>	151	232
<b>2026</b>	151	231
<b>2027</b>	150	230
<b>2028</b>	150	229
<b>2029</b>	149	228
<b>2030</b>	149	227

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados en base de población y el índice de crecimiento poblacional

Por lo que se puede ver de los cuadros existe una demanda sin satisfacer en la población lo que se incrementara gradualmente los siguientes años, además cabe calcular, que el ingreso del carro repartidor de garrafas es una vez al mes lo que hacer que el consumo de gas debe ser el mínimo para no llegue a faltar hasta el próximo ingreso del carro repartidor.

Esto hace que las familias con acceso a garrafa también demanden una alternativa energética para sus cocinas ya que con el consumo de garrafas estas sujetas a cuidar el consumo para que pueda durar el botellón hasta que nuevamente vuelva el carro repartidor.

### **Ilustración 9 Población vs demanda satisfecha e insatisfecha**



Fuente: Elaboración con base a datos estimados de oferta y demanda

Se debe recalcar que la población mostrada con acceso a garrafa es aquella familia que obtiene el suministro de gas una vez al mes cuando el carro repartidor recoge la comunidad y no así un abastecimiento constante o en cualquier momento.

### **3.2) Análisis de oferta.**

Sobre el análisis de la oferta en cuanto al elemento energético podemos ver solo una empresa encargada de proveer el energético a la población por medio de los carros distribuidores que depende de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH.

El proceso de distribución en el lugar, es limitado por la distancia al tratarse de una comunidad, esta se encuentra distante del centro poblado del municipio de Guaqui, esto hace que la distribución sea una vez al mes, si bien en el centro de Guaqui existen tiendas de barrio de abastecimiento estos también se abastecen por el carro repartidor que lleva los botellones al municipio y son alejadas de la comunidad de Andamarca.

#### **Mercado competidor**

Para el proyecto propuesto se evidencia el siguiente diagnóstico actual de oferta de servicios relacionados con Biodigestores y Biogás. En la comunidad de Andamarca, no existe ninguna entidad que proyecte el potenciamiento del uso de biodigestores.

En cuanto a la competencia por tratarse del abastecimiento del recurso energético la única dependencia encargada del abastecimiento en la comunidad es dependiente de la agencia nacional de hidrocarburos del Estado Plurinacional del Bolivia.

#### **Análisis de precios del mercado competidor**

##### **Precios de bienes, servicios similares**

La empresa YPFB tiene cierto alcance en el área rural del departamento de La Paz, como se puede observar a continuación.

**Tabla 8 Distribución de las plantas distribuidoras de GLP en garrafas**

Departamento	Urbana	Provincial	Total
La Paz	24,6%	16,9%	20,3%
Cochabamba	21,1%	25,4%	23,4%
Santa Cruz	15,8%	22,5%	19,5%
Chuquisaca	7,0%	0,0%	3,1%
Oruro	8,8%	5,6%	7,0%
Potosí	7,0%	15,5%	11,7%
Tarija	8,8%	5,6%	7,0%
Beni	5,3%	8,5%	7,0%
Pando	1,8%	0,0%	0,8%
Número total de plantas	57	71	128
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Revista latinoamericana de desarrollo económico, Subsidio al precio del Gas Licuado de Petróleo en Bolivia

La comunidad de Andamarca solo cuenta con la distribución de gas en botellones por el carro distribuidor, por lo que se conoce el precio referencial de 22.5 Bs/ garrafa, que sería considerada como la competencia directa en el proyecto en aprovisionamiento de este recurso energético.

### **Demanda insatisfecha**

En cuanto a la demanda insatisfecha se puede apreciar que existe arriba del 33% del municipio de Guaqui no cuenta con acceso a gas para sus actividades como se puede apreciar en la ilustración 8, lo que nos da una muestra del comportamiento de la población de Andamarca al estar dentro del municipio, este porcentaje de la población no cuenta con acceso a garrafas para el uso en sus hogares los cuales serían los directos interesados en alternativas para obtener el elemento energético ya que este porcentaje insatisfecho cocina sus alimentos con bostas de vaca (estiércol seco de ganado vacuno), y del 52% que cuenta con el suministro, pero este llega a ser insuficiente en muchos casos, debido a que el ingreso del carro distribuidor solo una vez al mes, y al acabar el energético la familia debe buscar una alternativa para satisfacer

la deficiencia y es en este porcentaje donde también existiría el interés en esta alternativa para su abastecimiento y consumo diario.

#### **4) Tamaño del proyecto.**

La importancia de determinar el tamaño del proyecto de inversión pública se refleja principalmente en su impacto en el nivel de inversión y el costo estimado, y por ende en la evaluación de costo beneficio que puede generar su implementación, lo que se lo analiza en los costos de construcción e inversión para el proyecto en su totalidad.

En cuanto al tamaño poblacional se parte sobre la estimación de la población para el presente año que serían de 153 habitantes que no cuentan con acceso a garrafas de gas licuado de petróleo, y 236 personas que, si cuentan con el suministro, pero como se indicó anteriormente, este abastecimiento es limitado.

Considerando que la familia promedio contempla entre 4 y 5 personas y conociendo que en la comunidad aproximadamente 90 familias y casas donde se proyecta brindaría el beneficio, si bien arriba del 33 % es la población necesitada principal, el resto aun cuenta con deficiencias para que la dotación mensual abastezca sus necesidades durante el periodo, además que el cambio de total o parcial de botellones de gas por utilizar biodigestores para el abastecimiento energético sería una alternativa para remplazar el consumo subvencionado del energético además de utilizar energías limpias y renovables en el área donde se implementará el proyecto, el desarrollo será en las viviendas de las familias que habitan en la comunidad de Andamarca del municipio Guaqui

Además del tamaño de población y económico, se debe realizar un análisis en el tamaño de abastecimiento individual de los hogares para conocer si dicho digestor cumple con las

necesidades de la población que llegaran a ser los beneficiarios lo cual se lo realizara a continuación.

#### **4.1. Capacidad del biodigestor**

El diseño de los biodigestores dependerá de la cantidad y del tipo de residuos disponibles en el medio rural, de las condiciones de clima, necesidades de biogás que se requiere, ubicación, materiales y técnicas de construcción de que se disponga en cada terreno. Con el objeto de minimizar los costó, ésta deberá ser adecuada a la necesidad del familiar, construida con materiales adecuados para el funcionamiento, pero además en este tipo de proyectos el mantenimiento y suministro de materiales necesarios para la generación de biomasa serán importantes.

#### **Tamaño en capacidad de generación de biogás**

La cantidad de biogás producida será dependiente de cada beneficiario según la biomasa generada en los reactores de los biodigestores, según GIZ<sup>18</sup> en experiencias previas durante el año 2008 pudiendo llegar a un estimado de 700 a 750 litros por cada 20 kg de estiércol de ganado con agregado de agua el cual será la principal fuente de los biodigestores y además generar 80 litros de biol. Este es un factor importante a tomar en cuenta ya que la recarga del biodigestor y el mantenimiento constante para su generación dependerá del beneficiario.

#### **Tamaño del componente pecuario.**

La comunidad de Andamarca está situada en un sector denominado lechero por la actividad ganadera y agropecuaria que se realiza en el sector, en el municipio existe una principal actividad ganadera de animales bovinos y ovinos como se puede apreciar a continuación:

---

<sup>18</sup> GIZ, La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Cooperación Técnica Alemana.

**Tabla 9 Sector pecuario y especies animales**

<b>ESPECIES</b>	<b>NRO. DE CABEZAS</b>	<b>%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>23.664</b>	<b>100 %</b>
Bovinos	10.474	44,3 %
Ovinos	7.943	33,6 %
Porcinos de corral	1.795	7,6 %
Cuyes	1.528	6,5 %
Conejos	1.385	5,9 %
Otros	539	2 %

Fuente: SEDALP - CNA 2013. Censo Nacional de Agropecuario 2013, INE.

Como se puede apreciar el sector Bovino es la principal actividad pecuaria, la comunidad de Andamarca donde encuentra el uso actual de los suelos dentro del municipio este uso se lo divide entre cultivos y ganados, con la ganadería mixta en crianza de bovinos, ovinos y porcinos, producción forrajera de cebada, avena alfa principalmente, producción de tubérculos y otros como papa, quinua, haba, y hortalizas como cebolla lechuga y zanahoria, teniendo un promedio de 10 cabezas de ganado por familia en la comunidad.

Una vaca adulta produce aproximadamente “12 bostas de casi 4 kilos cada una al día, lo que representa aproximadamente 50 kilos de estiércol diarios”<sup>19</sup> por lo que se tendría la capacidad de generar casi 50 kilos de estiércol para la biomasa dentro de los reactores de los biodigestores abasteciendo la cantidad para la generación de biogás.

En cuanto a las dimensiones de los reactores de digestión de debe determinar la longitud y radio del biodigestor tubular, el digestor tendrá una dimensión, tanto de volumen como de dimensiones de longitud, diámetro, los cuales se los obtiene asimilando la forma del biodigestor como un cilindro.

---

<sup>19</sup> Imelda Martínez. La acumulación de estiércol en los pastizales ganaderos, Instituto de Ecología A.C. 2021.

Antes de proceder al diseño de un biodigestor para el medio rural, es necesario estimar el potencial de producción de biogás, y por lo tanto determinar cuál es la cantidad mínima de residuos que permita producir el biogás requerido para cubrir las necesidades planteadas.

El poder calorífico de biogás es menor al gas proporcionado por los botellones, y un promedio estimado en base a experiencias realizadas por parte de la fundación GIZ en 7 años desde el 2002, “el consumo de una cocina domestica normalmente se estima en 130 a 170 litros por hora.”<sup>20</sup>

### **Necesidades de biogás para una familia compuesta por 4 a 5 personas.**

Las necesidades energéticas de un hogar varían ampliamente y se ven afectadas por los hábitos alimenticios y de cocina: los granos duros y el maíz tardan más en cocinarse, mientras que las verduras y la carne frescas requieren menos tiempo y energía, dependiendo de las familias el gasto energético varia, pero se conocen de promedios de consumo de gas para cocinar “por comida es de 150 a 300 l de biogás. Aproximadamente se necesitan de 30 a 40 l de biogás para hervir un litro de agua, 120 a 140 l para cocinar 0.5 kg de arroz y de 160 a 190 l para cocer 0.5 kg de hortalizas” (TILLEY, 2018)

El poder calorífico del biogás generado en comparación con el GLP es menor como se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 10 Equivalencias energéticas del Biogás**

<b>1000 litros (1 m3) de Biogás equivale</b>	
<b>Madera</b>	1.3 kg
<b>Bosta de vaca</b>	1.2 kg
<b>Alcohol</b>	1.1 litros
<b>Gasolina</b>	0.75 litros

<sup>20</sup> Biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación, Jaime Marti Herrero, 2008

<b>Gas –oil</b>	0.65 litros
<b>Gas natural</b>	0.68 m3
<b>Carbón</b>	0.7 kg
<b>electricidad</b>	2.2 kw/h

Fuente: guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero, 2008

En base a esto y con experiencias realizadas por GTZ el “consumo de una cocina artesanal consume aproximadamente 140 a 150 litros de Biogas en 1 hora” (Jaime Marti Herrero, 2008) y se conoce que la familias tienen un tiempo de consumo promedio de 2.5 a 3 horas para cocinar, estos valores nos sirven para estimar la cantidad requerida por familia se realizan los cálculos para 3 horas de cocina.

$$150 \text{ litros} * 3 \text{ horas} = 450 \text{ litros} - \text{Hr}$$

450 litros de biogás por día. Aproximadamente

Conociendo la necesidad a cubrir podemos obtener las dimensiones del biodigestor, en este caso se utilizará carpas solares de microfilm que en el mercado vienen por lo general de 50 metros de largo y un ancho que varía entre 1 a 2 metros, el diseño de los biodigestores es tubular por lo que se asemeja a un cilindro, lo que facilitara el cálculo de las dimensiones que se necesiten para generar 450 litros de biogás.

**Tabla 11 Parámetros según ancho de rollo**

<b>Ancho de rollo (m)</b>	<b>Perímetro de la circunferencia (m)</b>	<b>Radio (m)</b>	<b>Diámetro (m)</b>
<b>1</b>	2	0,32	0,64
<b>1,25</b>	2,5	0,40	0,80
<b>1,50</b>	3	0,48	0,96
<b>1,75</b>	3,5	0,56	1,12
<b>2</b>	4	0,64	1,28

Fuente: Guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero



Ya que el reactor del biodigestor se asemeja a un cilindro el volumen se lo puede calcular por medio de

$$V = \pi r^2 * L$$

Donde:

V = volumen del cilindro (reactor de digestión)

$\pi$  = constante (3.1416)

r = Radio del tubo

L = longitud del biodigestor

De la anterior formula se puede conocer el volumen deseado y con esto por medio de despejar la variable L se puede conocer la longitud necesaria.

$$L = \frac{V}{\pi * r^2}$$

Con lo que podemos obtener algunas relaciones en base al volumen total y el largo de la carpa a utilizar.

**Tabla 12 Relación entre la longitud, radio y volumen total**

Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Longitud del biodigestor en función al volumen total (m)
1	0,32	$Vt/0.32$
1,25	0,40	$Vt/0.5$
1,50	0,48	$Vt/0.72$
1,75	0,56	$Vt/0.97$
2	0,64	$Vt/1.27$

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados de ancho del rollo

Con esto solo dependiendo del ancho de la carpa solar tubular y el volumen deseado se obtendrá la longitud necesaria.

Por otra parte del volumen total del biodigestor no todo estará lleno de gas, una parte utilizara para albergar la biomasa y un restante para la generación de biogás, “el volumen total del

biodigestor a de albergar una parte líquida y otra gaseosa, normalmente se da un espacio del 75% de volumen total de la fase líquida y del 25% restante a la fase gaseosa”.<sup>21</sup>

Con esta consideración

$$V_{gaseoso} = 0.25 * V_{total}$$

$$V_{mezcla} = 0.75 * V_{total}$$

También conociendo la cantidad de biogás deseado, se puede saber cuánto estiércol es necesario para producirlo. “Si el biodigestor va a estar con una temperatura promedio anual de 16°C, y se tiene estiércol de vaca, se darán 50 días aproximadamente de tiempo de retención”<sup>22</sup> al biodigestor y se producirán unos 700 a 750 litros de biogás por cada 20 kilogramos de estiércol fresco de vaca. En este caso, para producir los 450 litros de biogás se requerirán

$$450 \text{ l} * \frac{1 \text{ kg}}{35 \text{ l}} = 12.86 \text{ kg de estiércol bobino} \cong 13 \text{ kg}$$

Considerando que “es necesario una mezcla 1:3 de estiércol con agua”<sup>23</sup>, se hace el cálculo de la cantidad de agua necesaria:

$$12.46 \text{ kg} * 3 = 38.57 \text{ litros de agua} \cong 39 \text{ l}$$

Se estima que se debe introducir 39 litros al biodigestor para el proceso cada vez que se realice la carga, además se debe tomar en cuenta que este cálculo es para la carga diaria del biodigestor, la primera carga deberá ser mucho mayor a la mencionada, debido a que debe llenar el 75% de volumen del biodigestor para ponerlo en marcha y posteriormente las cargas diarias.

---

<sup>21</sup> Biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación, Jaime Marti Herrero, 2008, Pag. 29

<sup>22</sup> IBID

<sup>23</sup> Biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación, Jaime Marti Herrero, 2008.

**Tabla 13 Tiempo de retención según la temperatura**

<b>Región característica</b>	<b>Temperatura en (°C)</b>	<b>Tiempo de retención</b>
<b>Trópico</b>	30	25
<b>Valle</b>	20	37
<b>Altiplano</b>	10	75

Fuente: Guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero, 2008

Pero sobre la carga diaria dependerá mucho sobre el consumo de Biogás que tendrá cada hogar de la población beneficiada ya dadas las cantidades necesarias el beneficiario deberá realizar las recargas para la generación necesaria de gas para su uso.

## **5) Localización del proyecto.**

### **Macro localización**

El proyecto se realizará en la comunidad del Andamarca que se encuentra ubicada en la provincia Ingavi dentro del municipio de Guaqui del departamento de La Paz. El pueblo está aproximadamente a una altura de 3855 msnm y a una distancia de 92 km de la ciudad de La Paz, sede de gobierno de Bolivia. A una latitud de -16.6 y longitud de -68.8667, en el noreste del lago Titicaca.

### **Micro localización**

El presente proyecto se realizará en la comunidad de los pobladores de Andamarca, donde la población objetivo a ser beneficiada alcanza aproximadamente a 450 beneficiarios (pobladores) reconocidos mediante su escritura notarial de cada uno de los predios, con una diversidad tanto en cultura actividad ocupacional y porciones de tierra.

**6) Ingeniería del proyecto:**  
**i) Estudios básicos de ingeniería.**

**Alternativa del proyecto en biodigestores**

Para la producción de Biogás se tienen 2 alternativas de construcción del biodigestor que alguna manera podrían adaptarse al entorno de la comunidad.

**ALTERNATIVA 1**

Se propone la implementación de infraestructura productiva, con 1 biodigestor por beneficiario para la producción de biogás. Además, de implementar con un sistema de producción de biogás, de esta manera obtener una producción eficiente en términos de uso de residuos. El uso de biodigestores permite un mejor control en la producción biogás en base a la biomasa, apoyados en la asistencia técnica, esta alternativa promueve no sólo la producción continua de biogás para que de esta manera los beneficiarios puedan acceder a gas en su domicilio y no tengan que cocinar sus alimentos con bosta, también el producir biomasa de manera adecuada, planificar la producción independientemente de las condiciones climáticas externas y optimizar su manejo, según las recomendaciones técnicas específicas para cada biodigestor. Para la producción de esta alternativa, se requiere de residuos que los propios beneficiarios tienen en sus parcelas y equipamiento adecuado.

**ALTERNATIVA 2**

Se propone implementación de infraestructura en lugar estratégico para producción de biogás en plena comunidad de Andamarca, por la plaza principal, así poder tener un solo equipo biodigestor de mayor volumen y de esa manera realizar la producción de biogás a nivel industrial, y mediante cañerías realizar la distribución a la población que no cuente con gas a domicilio, para la producción de esta alternativa, se requiere de residuos que los propios beneficiarios tienen en sus viviendas y equipamiento adecuado.

**Tabla 14 Evaluación de alternativa del proyecto**

<b>PONDERACIÓN DE FACTORES PARA ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS CONVENIENTE</b>					
<b>FACTOR</b>	<b>PONDERACIÓN (P%)</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>		<b>ALTERNATIVA 2</b>	
		<b>CALIFICACIÓN (X1)</b>	<b>P*x1</b>	<b>CALIFICACIÓN (X2)</b>	<b>P*x2</b>
<b>Factibilidad económica</b>	30%	10	3	9	2,7
<b>Factibilidad social</b>	20%	10	2	10	2
<b>Factibilidad ambiental</b>	10%	9	0,9	7	0,7
<b>Factibilidad política</b>	10%	7	0,7	7	0,7
<b>Tiempos de ejecución</b>	10%	7	0,7	9	0,9
<b>Sostenibilidad</b>	10%	9	0,9	8	0,8
<b>Viabilidad</b>	10%	9	0,9	7	0,7
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>9,1</b>		<b>8,5</b>

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

Sobre la base de los factores utilizados para identificar la alternativa más viable, se asignó una ponderación de importancia a cada factor, y una calificación acorde a cada criterio en la alternativa dando un resultado en la suma de las ponderaciones mayor en la alternativa 1 como se puede apreciar en el cuadro anterior, lo que indica que la alternativa 1 es la mejor alternativa de factibilidad económica, social y ambiental adaptada para la comunidad.

La alternativa 2, no sería viable, debido a que la población de Andamarca no tiene el modelo de una ciudad como tal con casas conjuntas o cercanas, las casas de los pobladores se encuentran muy alejadas una de otras lo que haría que la distribución por cañería se complique por las grandes distancias que se debería recorrer.

## **ii) Proceso de generación de biogás en biodigestores tubulares.**

En la biodigestión anaeróbica se llevan a cabo diversas reacciones bioquímicas con la participación de un gran número de bacterias, el sustrato es la materia orgánica, que

generalmente se obtiene a partir de los desechos de diversas actividades, y se lleva a cabo en ausencia de oxígeno.

Las etapas en este proceso son:

- a) Hidrólisis.
- b) Acidogénesis
- c) Acetogénesis.
- d) Metanogénesis

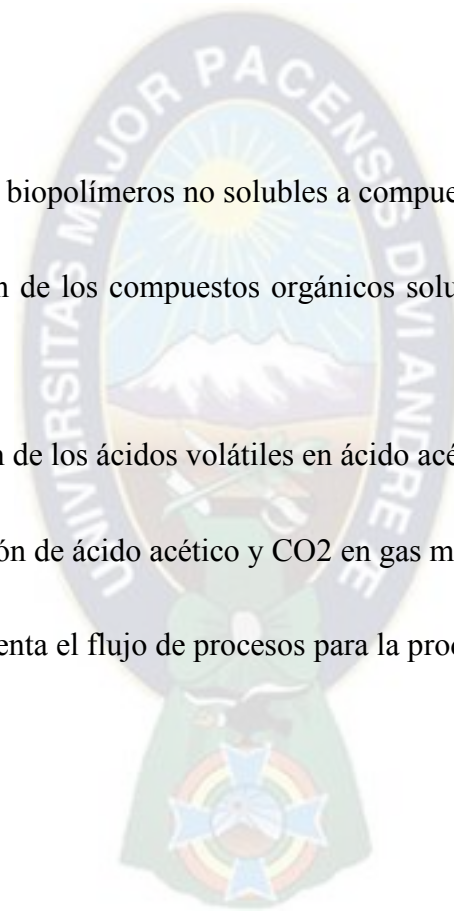
Hidrólisis: Conversión de biopolímeros no solubles a compuestos orgánicos solubles

Acidogénesis: Conversión de los compuestos orgánicos solubles en ácidos grasos volátiles, CO<sub>2</sub> e hidrógeno.

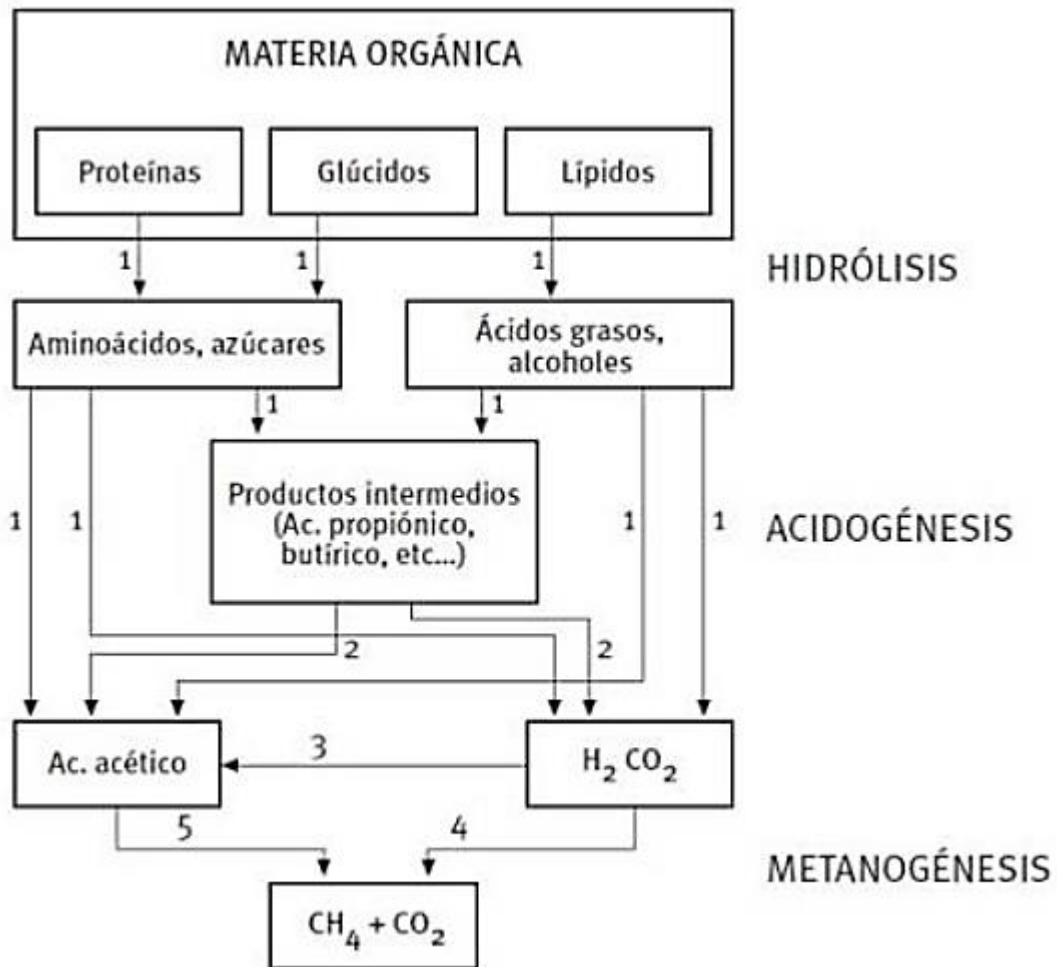
Acetogénesis: Conversión de los ácidos volátiles en ácido acético

Metanogénesis: Conversión de ácido acético y CO<sub>2</sub> en gas metano (Agrowaste, s.f.)

A continuación, se representa el flujo de procesos para la producción del biogás.



### Ilustración 10 *Proceso de digestión anaeróbica*

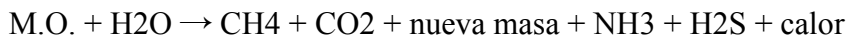


Fuente: Aprovechamiento energético de residuos ganaderos, Flotats, X., Campos, E., Bonmatí, A

Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones de microorganismos:

- 1) Bacterias hidrolíticas acidogénicas
- 2) Bacterias acetogénicas
- 3) Bacterias homoacetogénicas
- 4) Bacterias metanogénicas hidrogenófilas
- 5) Bacterias metanogénicas acetoclásticas.

La reacción que define el proceso es:



Las características de la materia prima que es transformada en los biodigestores cuentan con los nutrientes necesarios para que las bacterias lleven a cabo los procesos de conversión (Carbono y Nitrógeno). Pero de igual forma deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales como potasio, magnesio, zinc, selenio, tungsteno, hierro, azufre, cobalto, manganeso, fósforo, molibdeno, níquel, calcio, y otros menores (Varnero, 2011).

El biogás, producido a partir de los residuos orgánicos producidos por nuestras actividades diarias, se considera una fuente de energía renovable, es decir, de biomasa (residuos de la ganadería, aguas residuales con alto contenido de materia orgánica y residuos orgánicos con propiedades domésticas), el biogás consiste en una mezcla de gases, en la que domina el metano, seguido del dióxido de carbono y los gases de los microorganismos.

### **iii) Proceso de generación de biol**

El biol es una fracción líquida resultante de los lodos de un biofermentador (biodigestor), este lodo se decanta o sedimenta, creando una porción líquida llamada biol. Alrededor de 90% del material que ingresa al biofermentador se convierte en biol (Aparcana, 2008).

Conocer la caracterización del biol es importante con la finalidad de conocer las condiciones de operación del biodigestor y las condiciones del biofertilizante, lo cual podría dar a los productores la certeza de aplicar el biol en los cultivos existentes. El biol producido obtenido por el reactor del biodigestor de manera anaeróbica comúnmente tiene un “ph cercano a la neutralidad” (Suirá y Davila 2008). Lo cual lo convierte en un buen fertilizante para la tierra además de los compuestos que agregan valor en la producción agrícola, el biol promueve la



formación de raíces (aumenta y fortalece la base de la raíz), afecta las hojas (aumenta la base de la hoja), mejora la floración y activa la fuerza y el crecimiento de las semillas, lo que se refleja en la propagación de la producción y crecimiento.

De acuerdo con Aparcana, (2008), la composición del biol depende del tipo de materia que se determina como alimentación del biodigestor. Se puede decir que cada biol es único. Además, la aplicación de biol a los diversos cultivos demuestra ventajas no solo en el aspecto económico sino también en cuanto al rendimiento de los mismos.

#### **iv) Diseño de componentes de ingeniería a detalle: Memorias de Cálculo.**

##### **Zanja**

El biodigestor debe ser instalado en un punto intermedio entre la cocina y el lugar donde duerma el ganado para facilitar la recogida de estiércol fresco cada mañana y para ahorrar las tuberías necesarias a la conducción del biogás, el biodigestor está semienterrado, se excava una zanja, de sección trapezoidal para más estabilidad. “En regiones frías, es importante que sea orientada en la dirección este-oeste, para aprovechar de manera óptima la radiación solar”<sup>24</sup> En consecuencia, para mejorar el aislamiento térmico del invernadero, es necesario construir paredes. El pozo no debe estar en el camino de personas y animales. La zanja debe revestirse o rellenarse para facilitar el asentamiento biológico y mejorar el aislamiento.

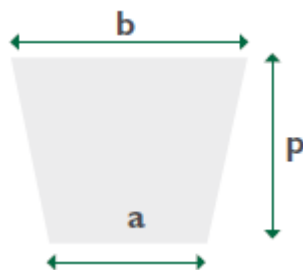
El diseño final del biodigestor requiere el conocimiento de las dimensiones de la zanja que acomodará el plástico tubular. La longitud de la zanja está determinada por la longitud del biodigestor, y su profundidad y ancho dependen del ancho del rollo utilizado en la construcción del biodigestor.

---

<sup>24</sup> Biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación, Jaime Marti Herrero, 2008.

De forma general, se puede emplear las siguientes dimensiones para la zanja:

**Ilustración 11 Dimensiones trapezoidales de la zanja**



Fuente: guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero, 2008

**Tabla 15 Dimensiones de la zanja según ancho de rollo (AR)**

AR (m)	2	1.75	1.5	1.25	1
a (m)	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
b (m)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
p (m)	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Fuente: guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero, 2008

**Carpa solar**

Debido a que se planea realizar la construcción en la localidad de altiplano se necesitara la construcción adicional de una carpa solar, esto debido a las temperaturas y la sensación térmica baja que habitualmente se tiene en el altiplano, esto carpa ayudara a que el proceso se realice constantemente dentro del reactor de digestión ya que las bacterias que descomponen la biomasa de manera mejor a temperaturas elevadas. Esta carpa solar será del tamaño del biodigestor elegido, con 2 tapiales de adobe o tierra laterales uno de 70 cm y el otro de 1.10 metros aproximadamente para que mantenga el calor dentro de esta cámara, en la cima de los tapiales se pondrán palos cada metro para así poner por encima la carpa solar y sellarla con grapas para sujetarlas a la madera y así también barro fresco.

Para esto se debe colocar unos palos que vayan de tapial a tapial, de lado a lado del biodigestor estos palos podrán ser redondos o planos, normalmente de 2 metros de longitud para un biodigestor de 8 metros por ejemplo se emplearían 9 palos colocados a cada metro, una vez colocados los palos, se debe asegurar la carpa solar contra el viento, estos parámetros pueden variar según las condiciones de construcción en cada hogar.

### **Fabricación del reactor**

Es importante construir el biodigestor sobre una superficie libre de piedras o de objetos que podrían dañar al plástico, se debe cortar el microfilm del tamaño requerido en una cantidad de 2, esto ya que el reactor será de doble capa, por lo que se debe introducir una capa dentro de la otra.

Aproximadamente en el centro del biodigestor se deberá atravesar con un pasamuros de denominando flange de rosca por donde saldrá el biogás generado por el reactor.

Para detener la liberación de biogás, se corta un trozo de tubería de PVC de ½” de un metro o metro y medio de longitud, con el uso de la herramienta tarraja se convierte en rosca a los extremos del tubo para su agarre y pone teflón en la unión con al menos cinco vueltas en contra del sentido de la rosca, se enrosca a la salida de biogás en el pasamuros o flange y la válvula de bola se coloca en el otro extremo del tubo de ½” la cual debe estar cerrada.

En el reactor para sellar los costados se debe introducir tubos de pvc en cada extremo de 1 metro de largo, ya que los extremos del plástico son de 2 metros de ancho este sobrante se debe reunir hacia el tubo y amarrarlo con liga de neumático sellando posibles salidas, esto se debe realizar de ambos extremos.

Lo primero que se debe hacer es proteger la abertura del tubo que estará dentro del biodigestor para que el borde que es generalmente rugoso no dañe el plástico durante la conexión y manipulación para esto simplemente se podría tomar la liga de neumático y fijarlo a la boca del tubo tal que cubra el borde unos milímetros amordazando la liga sobre sí mismo.

Tubos de PVC de 6 pulgadas y 1 m de largo, ya protegidos se los coloca en los extremos del biodigestor, se colocan unos 80 cm dentro de la alfombra de doble capa, de manera que queden 20 cm a la vista, luego se deben emparejar con el plástico circundante para poder sujetarlo a las tuberías, en los extremos se debe tomar un lado del plástico y hace pliegues en forma de acordeón, recogiendo así el plástico hasta colocarlo contra la tubería, lo que se debe hacer lo mismo con el otro lado. Es deseable que los pliegues no tengan arrugas entre sí y que los pliegues sean largos y abiertos en dirección con el resto del plástico.

Hecho esto en ambos lados de la recámara del biodigestor, se miden en el tubo que será introducido en los extremos 50 cm a partir del origen del plástico, es este punto se comienza a amarrar con la liga de neumático, lo que nos da una distribución de, 30 cm dentro, 50 cm con amarre y 20 cm libres fuera de la recámara.

Entonces, cuando comienza a atar, se ven 20 cm del tubo, 50 cm están atados en el plástico y 30 cm están libres dentro del reactor del biodigestor, en el punto de amarre cada vuelta debe estar solapada por encima con la anterior vuelta de la liga y así de esta manera ir cubriendo toda el área del tubo en los 50 cm, en caso de que la goma se rompa se puede continuar el proceso cuidando que no existan espacios vacíos y el trabajo este tenso, es muy importante que el elástico quede tenso y conecte el lazo anterior, después de atar 50 cm de plástico, se debe atar otros 10 cm al tubo. Este proceso se implementa tanto para la entrada como para la salida del biodigestor.

Con el biodigestor ya construido, que consistía principalmente en colocar una capa de plástico dentro de otra capa, hacer una salida de biogás, proteger la entrada y la salida y conectarles los extremos de los tubos con la doble capa, está listo para su instalación.

### **Instalación**

Para instalar el biodigestor se necesariamente debe contarse con más de una persona precautelando siempre de cuidar que el plástico del biodigestor no se dañe por rozarse con el suelo o con cualquier otro objeto al introducirlo en la zanja preparada para el reactor, donde uno de los extremos del tubo debe estar a nivel de la carga que se espera y el otro extremo a un nivel ligeramente más elevado para así por el desnivel se realice la carga de biomasa y la descarga de biol.

### **Carga**

Es necesario llenar el biodigestor hasta llenar las bocas de entrada y salida con la mezcla y así se encuentren tapadas para que el aire no entre al biodigestor. También se debe evitar de dejar arrugas en el fondo del biodigestor, que no se podrían recuperar después, por causa del peso elevado de la carga.

El biodigestor ya construido debe ser introducido en la zanja preparada, con sus paredes forradas y el suelo relleno, para esto la mejor forma de hacerlo es desplegar el biodigestor y trasladarlo al pozo entre varias personas formando una fila o una especie de tren, donde todos deben tener cuidado de no rozar el plástico con algún objeto que lo pueda dañar, es adecuado voltear los costados laterales hacia el centro del biodigestor para un mejor cuidado y así introducirlo en la zanja preparada.

Una vez introducido en la zanja se recomienda revisar la parte inferior cuidando que no tenga arrugas tirando de ambos extremos del biodigestor para estirarlo, o si es necesario que una

persona con cuidado de no dañar el material pueda quitar posibles arrugas, esto es importante porque una vez introducida la biomasa será imposible quitarlas por el peso que albergara en su interior y su continua carga y descarga.

### **Nivel de salida de biol y lodo**

La profundidad del pozo es aproximadamente la cantidad máxima de biomasa que se puede introducir en el biodigestor. Para que esté nivelada la salida, la boca exterior de la tubería debe estar a este nivel, y para esto se puede hacer uso de una manguera transparente para calcular el nivel.

Una vez que el fondo de la salida exterior de la tubería de salida esté nivelado, se debe llenar el biodigestor a una altura aproximadamente igual a la profundidad de la zanja, ajustando la tubería de entrada, la tubería de entrada es más alta, la posición del nivel de lodo correspondiente al nivel del agua de la salida debe estar en el medio del amarre con liga de neumático de 50 cm de la tubería de entrada. Una vez que se determina el nivel del agua, es adecuado atar los tubos o sujetarlos para que así queden en su lugar ya que cuando el biodigestor comienza a cargarse, jala el tubo hacia la zanja, por lo que es necesario hacer un pequeño orificio en el tubo con la punta de un cuchillo o unas tijeras para sujetarlo y se mantenga en su lugar clavándolo a una estaca pasando un alambre de amarre a través del agujero en la tubería y fijarlo a la estaca u otro lugar donde se pueda sujetar. Cuando haya terminado, se recomienda utilizar una bolsa vieja para cubrir los 50 cm de amarre con liga de neumático del tubo para que el sol no quemé la goma.

## **Construcción de la conducción de gas**

El biodigestor una vez instalado cuenta con una salida para el biogás que consta del pasamuros, la tubería de ½” de diámetro u largo de un metro o metro y medio según amerite la instalación la cual acaba en una llave de bola que está cerrada, desde este punto se continua la dirección de la tubería de PVC o tubería de riego hasta donde será instalada la cocina, esta tubería debe estar a cierta altura sujeta en postes o sobre paredes para así tener la tubería a la vista y acceso del beneficiario, en longitudes máximas de 100 metros ya que si se sobrepasan los 100 metros se debería usar tuberías con mayor diámetro, lo adecuado es que no superen los 100 metros de longitud y se tengan entre 20 a 50 metros de conexión entre el reactor y la cocina empleando codos, nipples o acoples, donde sean necesarios

Es muy importante ubicar a la salida del biodigestor la instalación de la válvula de seguridad, y el reservorio cerca de la cocina. Ambos elementos serán unidos a la conducción de biogás la válvula de seguridad es un elemento muy importante de la instalación ya que se encarga de eliminar gases indeseados, acumulaciones de aguas y liberación de gas en caso de emergencia, además que tiene una realización muy simple, esta válvula de seguridad prevé la liberación inmediata de biogás del biodigestor si el gas no se ha utilizado durante mucho tiempo, esto evita que el biodigestor se dañe o incluso que se sobrellene, en el diseño simple de esta válvula nivel del agua debe controlarse periódicamente para garantizar una presión constante y evitar que entre aire en el biodigestor a través de una válvula.

La válvula es una conexión en “T” donde la salida de tubo hacia un recipiente con agua en el cual estará sumergido de acuerdo a las condiciones de instalación para poder generar presión de salida de biogás en la cocina, en el interior de este tubo de salida se debe introducir un estropajo de acero (bombril) esto para impedir una posible combustión interna que se pueda

dar en la tubería y también para retener parte del ácido sulfúrico que se genera en el reactor del biodigestor.

Es importante mantener la tubería hacia arriba y no así enterrarla porque se puede, existir acumulaciones agua debido a que la biomasa está llena de agua mezclada con estiércol, esta agua se evapora y se condensa en las tuberías, lo que puede obstruirlas e impedir que llegue el biogás a la cocina, en ocasiones es inevitable que la tubería de gas tenga los llamados valles, puntos bajos donde se acumula el agua, en estos puntos es recomendable la instalación de una “T” (conector de tubería con 3 salidas), la tercera salida está cubierta con un tapón de rosca, para que el agua recogida pueda escapar de vez en cuando se abre este tapón. También se puede mover siempre con pendiente, para que, en caso de condensación, el agua caiga sobre la válvula de seguridad o algún otro punto por donde se pueda drenar o vaciar el agua.

### **Válvula de seguridad**

La válvula de seguridad debe estar situada cerca del biodigestor para que se lo pueda revisar de manera periódica, esta válvula permite que el biogás escape si no se consume y evita que ingrese aire al proceso lo que mataría el proceso anaeróbico interno del biodigestor que produce el Biogás.

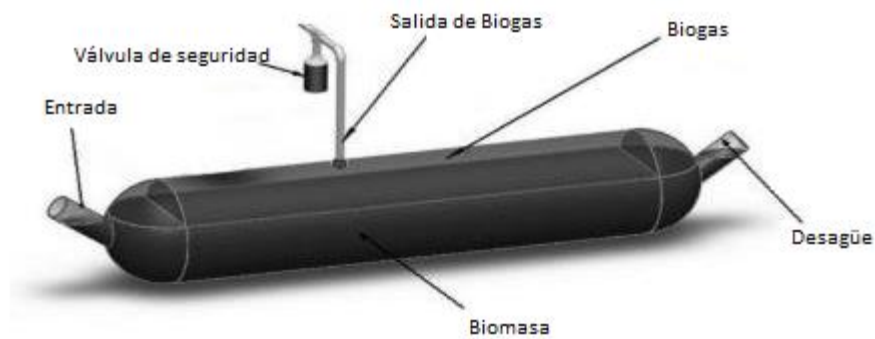
Una válvula de seguridad es un tanque de agua que tiene una pieza en T unida a un tubo que se inserta en un tanque lleno de agua. Dependiendo del nivel del mar del lugar, la distancia a la cocina y el tipo de cocina, se debe sumergir el tubo en agua de 8 a 13 cm, cuanto mayor sea la altura, menos presión se necesita y menos se necesita sumergir el tubo en el agua, cuanto mayor sea la distancia a la cocina, más presión se necesita y más profunda se debe hundir el



tubo. Para determinar la presión ideal, se deben realizar pruebas de la combustión del biogás en la cocina hasta que el usuario esté satisfecho.

Se debe conocer que la presión máxima del biogás está determinada por la profundidad de la tubería sumergida en el agua, en esta salida de la "T" se inserta lana de acero (estropajo de acero, Bombрил) esta tubería se debe ser sumergida en un envase con agua lo que puede ser una botella de refresco llena de agua, esta operación tiene dos funciones: por un lado, retiene parte del ácido sulfúrico que está presente en el biogás además que este elimina los olores, y por otro lado, evita la propagación de la combustión externa a través de la tubería de biogás, para evitar el riesgo de explosión, este acero o lana de hierro debe ser reemplazado cada seis meses, por lo que se coloca en la válvula de seguridad disponible para su reemplazo.

### **Ilustración 12 Estructura de biodigestor tubular prefabricado**



Fuente: "Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review"

### **Construcción del reservorio**

El reservorio se lo realiza del mismo plástico que el biodigestor, utilizando una sola capa, se corta un trozo de la manga, y al igual que el biodigestor se debe colocar la pasamuros (Flange) en la zona central utilizando la misma técnica descrita para el reactor del biodigestor, cuando

el pasamuros está en su lugar, los lados de la manga se sellan para cerrarlo, de esta forma, el biogás solo puede entrar o salir por la tubería conectada en el pasamuros.

No es obligatorio instalar un reservorio, ya que el biogás del reactor se alimenta directamente a las cocinas familiares, lo cual se lo dejara a consideración de cada beneficiario previa explicación de la elaboración y donde debería estar ubicada, después de construir el reservorio, debe conectarse a la tubería de biogás para la cual hay una pieza en “T” que se coloca en la tubería, por donde es la entrada de biogás del biodigestor, otra se introduce en la cocina y la otra se conecta al reservorio, donde también es necesario instalar una llave de bola en la conducción del reservorio para poder cerrarlo y separarlo en caso de pinchazo o posibles fugas.

**Tabla 16 Características de funcionamiento del biodigestor**

<b>Biodigestor familiar modelo para el altiplano, a proteger del sol</b>	
<b>Características de funcionamiento</b>	
Carga diaria	13 kg de estiércol de Ganado (vacas) + 39 L de agua
Producción diaria de biogás	450 litros Aprox.
Producción diaria de biol	52 litros Aprox.
Tiempo de retención	60 días
Tiempo medio de inicialización, para empezar a funcionar	3 semanas
Temperatura de trabajo	16°C
Temperatura ambiente	0.5 a 20°C
<b>Dimensiones</b>	
Volumen líquido	1350 L (1.35 m <sup>3</sup> )
Volumen gaseoso	450 L (0.45 m <sup>3</sup> )
Volumen total	1800 L (1.8 m <sup>3</sup> )
Ancho de rollo	2 m
Longitud del biodigestor y de la zanja	5.5 m
Plástico de reservorio	3m
PE negro humo total + doble capa del reactor	13 m
Ancho inferior de zanja	0.7 m
Ancho superior de zanja	0.9 m

Profundidad de zanja	1 m
Grosor de tapias	0.3m
Altura tapial 1	0.75 m
Altura tapial 2	1.5 m
Longitud de plástico de invernadero	6.5 m

Fuente: Elaboración con base en el diseño y modelos de biodigestor familiar, desarrollado por la GIZ en Bolivia

### Cómputos Métricos y Análisis de Precios Unitarios.

Para la fabricación del biodigestor se necesitarán los siguientes materiales, la disponibilidad del plástico para fabricar el biodigestor es polietileno tubular de 300 µm de grosor, geo membrana de PVC, y demás materiales detallados a continuación.

**Tabla 17 Materiales y presupuesto estimado para la conducción de biogás**

MATERIAL		CANTIDADES POR BIODIGESTOR	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO POR BIODIGESTOR
<b>CONDUCCIÓN DE BIOGÁS</b>	Tubería de PVC de ½"	5	Barras	Bs 55,00	Bs 275,00
	Llaves de bola ½" de plástico	3	Unid.	Bs 90,00	Bs 270,00
	Flange ½" de plástico	2	Unid.	Bs 40,00	Bs 80,00
	Codos PVC ½"	4	Unid.	Bs 7,00	Bs 28,00
	Niple PVC ½"	2	Unid.	Bs 7,00	Bs 14,00
	Tee PVC ½"	3	Unid.	Bs 7,00	Bs 21,00
	Teflón	3	Unid.	Bs 3,00	Bs 9,00
<b>COCINA</b>	cocina	1	Unid.	Bs 200,00	Bs 200,00
<b>BIODIGESTOR</b>	Tubería de PVC 6"	1	Barras	Bs 87,00	Bs 87,00
	Liga de neumático	60	m	Bs 8,00	Bs 480,00
	Polietileno tubular (300 µm,color negro humo)	13	m	Bs 57,00	Bs 741,00

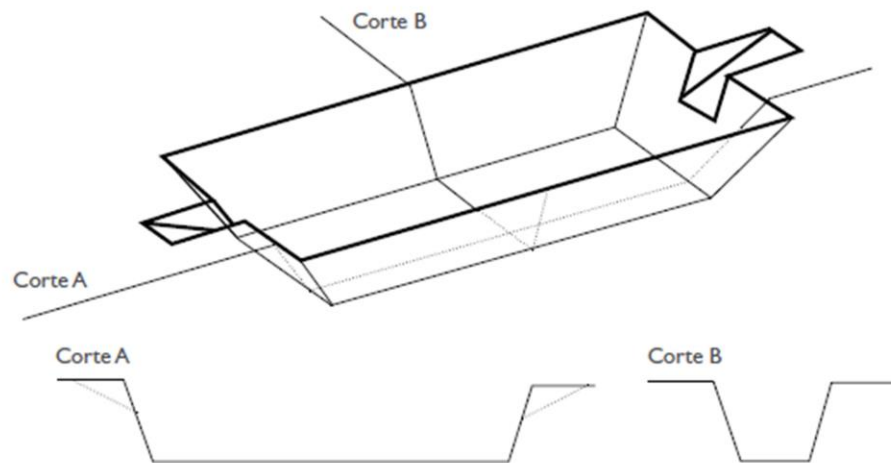
<b>CARPA CONTENE DORA</b>	Carpa solar	7	m	Bs 40,00	Bs 280,00
	Adobe	370	Unid.	Bs 1,50	Bs 555,00
	Vigas de madera	6	Unid. 3x3	Bs 83,00	Bs 498,00
<b>TRANSPORTE</b>		1		Bs 180,00	Bs 180,00
<b>TOTAL</b>					Bs 3.718,00

Fuente: Materiales y presupuesto estimado para la conducción de biogás de un biodigestor para el altiplano, en La Paz, Bolivia. (precio abril del 2022)

### Esquemas constructivos

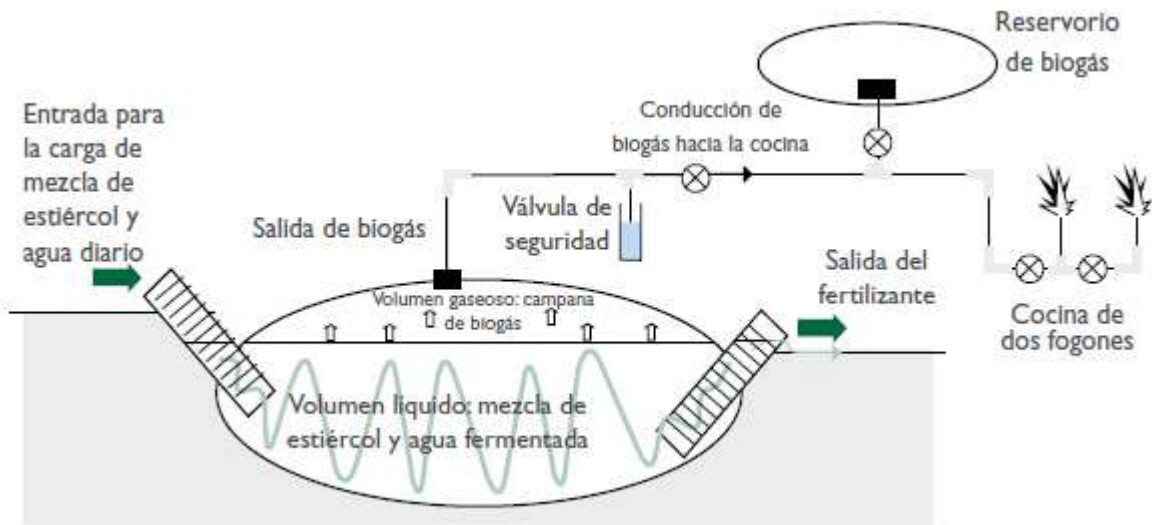
#### Zanja

Ilustración 13 *Forma de la zanja, con los cortes longitudinal (A) y transversal (B)*



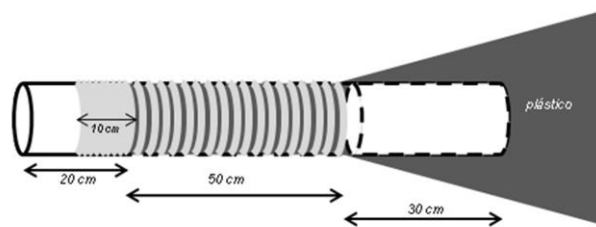
Fuente: Guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero

**Ilustración 14** Esquema del sistema completo del biodigestor familiar, junto la con la conducción de biogás hasta la cocina, considerando la válvula de seguridad y el reservorio de biogás.



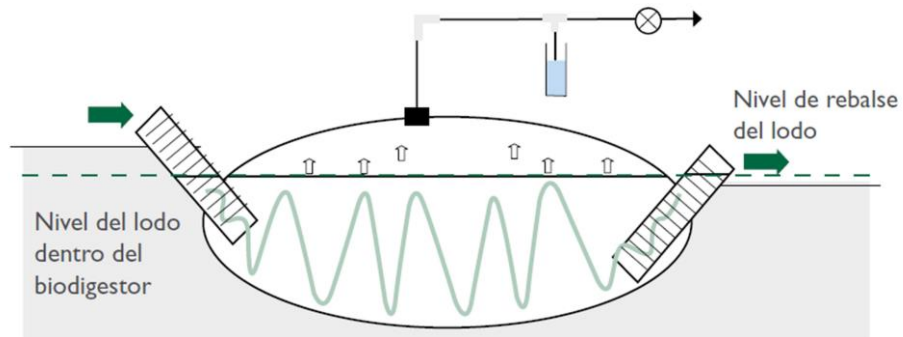
Fuente: Guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero

**Ilustración 15** Amarre de los tubos de entrada y salida del biodigestor Introducción a zanja



Fuente: Guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero

**Ilustración 16 Colocación de los tubos de entrada y salida para tener un nivel de lodo óptimo**



Fuente: Guía de diseño de biodigestores familiares, Jaime Marti Herrero

**iii) Cronograma de Ejecución.**

**Tabla 18 Cronograma de actividades**

ACTIVIDAD	1er TRIMESTRE			2do TRIMESTRE			3er TRIMESTRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Contratación de la empresa constructora y Adquisición de materiales para construcción de biodigestores									
Capacitaciones para la instalación de biodigestores									
Construcción de biodigestor									
Preparación del terreno (viviendas de familias)									
Preparación del interior de la vivienda para recibir el biogás									
Implementación del sistema de conexión por tuberías									
Implantación de biomasa al biodigestor									
Producción anaeróbica de Biogás									
Asistencia técnica en los biodigestores									
Actividades post producción									

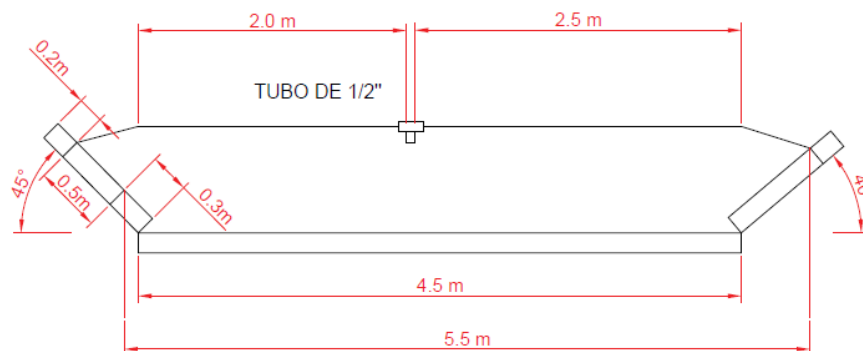
Consumo del biogás por las viviendas									
Capacitación para mantenimiento									

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

#### iv) Planos constructivos

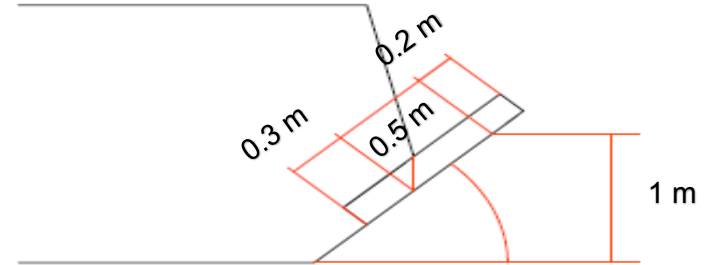
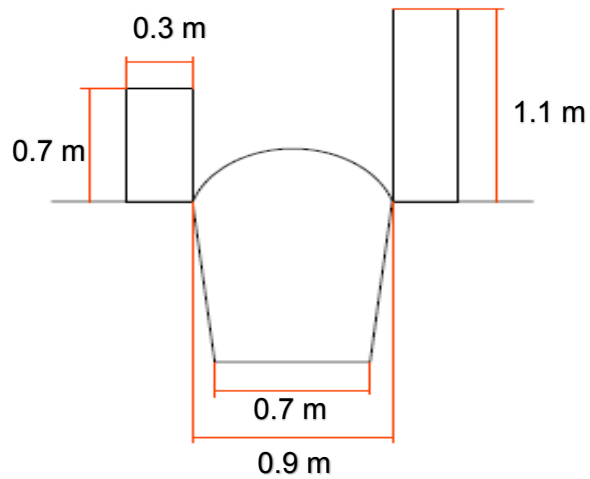
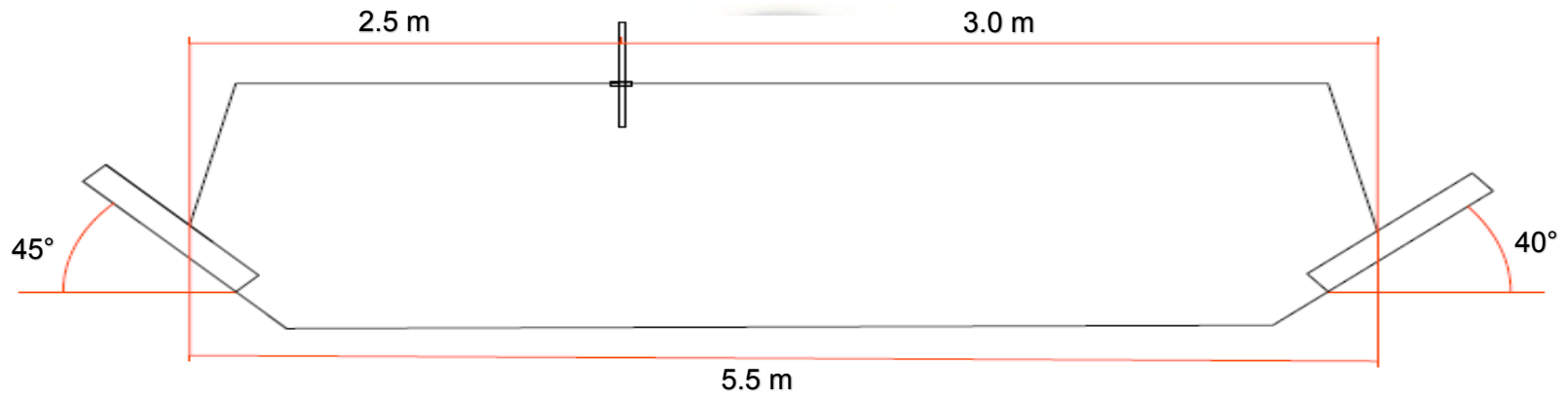
Este diseño que es contemplado para la construcción de biodigestores para cada familia estará de acuerdo a las capacidades de biogás necesarias para cada beneficiario aunque se tiene un promedio se consideraría modificaciones según los terrenos de las familias, de acuerdo a la predisposición del beneficiario y adecuarlo al tipo de vivienda con la que cuenta además de la ubicación estratégica cercana a su cocina o corral de ganado para facilitar la conexión y el mismo recojo de los desechos para que sean introducidos en el reactor de digestión.

#### Ilustración 17 Dimensiones del biodigestor



Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

### Planos constructivos del biodigestor



Fuente: Elaboración con base a datos recopilados



El plano constructivo del biodigestor presenta medidas generales propuestas para la construcción, la cual está sujeta a ligeras variaciones de acuerdo a las necesidades y condiciones en el punto de instalación.

**vi) Especificaciones técnicas.**

Hacer una lista de materiales completa siempre es difícil, pues cada biodigestor se ha de adaptar a cada lugar específico, aun así, se puede dar una lista de materiales que permitan construir el biodigestor, hacer la conducción de biogás, válvula de alivio y filtro de sulfhídrico, reservorios y cocina.

Algunas cantidades variarán de acuerdo a cada condición del lugar donde será construido, la siguiente tabla ilustra los materiales necesarios para cada componente, estos de ser necesarios.

**Tabla 19 Materiales necesarios para cada componente de construcción del Biodigestor**

COMPONENTE	COMENTARIO	CANTIDAD
<b>Zanja</b>		
<b>Plásticos viejos, lonas o sacos</b>	Se puede cubrir la zanja con una "sabana" de material en desuso (como plásticos viejos, o coser sacos de alimento balanceado, etc.). Esto ayuda a proteger el biodigestor cuando está siendo introducido en la zanja.	Los necesarios
<b>Biodigestor</b>		

<b>Manga tubular</b>	Polietileno tubular, normalmente de 300 micrones. En este caso se usará doble capa.	11 metros para la construcción del reactor
<b>Tubería de PVC</b>	Puede ser de 6". Recomendado para estiércol. El de 6" permite un mejor amarre con el plástico tubular.	2 metros, que se dividirá en dos piezas de 1m, una pieza para la entrada y otra para la salida.
<b>Liga de cámara de neumático (también llamada boya)</b>	Son tiras cortadas continuas de ~5cm de ancho aproximadamente	60 m metros de liga de neumático ya cortada
<b>Adaptador de tanque en PVC o polipropileno (también llamado flange, pasa muros o brida)</b>	Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4". Se encuentra en las ferreterías como accesorios típicos de las salidas que se hacen en los tanques de agua.	2
<b>Accesorios PVC</b>	Se puede usar de rosca o pega en PVC, o con uniones flex para manguera.	Los que haga falta para unir el adaptador de tanque con la "T" de la válvula de alivio.
<b>Teflón</b>	Se recomienda usar teflón (10 vueltas) en la rosca del adaptador de tanque.	1

<b>Válvula de alivio</b>	<p>Será el primer elemento que encuentre la conducción de biogás al salir del biodigestor. Se compone de varios elementos que es necesario conectar.</p>	<p>Se requiere al menos de una “T”, una pieza de tubería de 30 cm, un envase o una botella de 2 litros de refresco vacía, y una llave de paso plástica.</p> <p>Considerar los accesorios necesarios para ajustar la tubería o manguera que viene del adaptador de tanque</p>
<b>Conducción de biogás</b>		
<b>Tubería de agua</b>	<p>Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4" (como el adaptador de tanque). Puede ser tubería rígida de PVC (pegable o roscable) o de polietileno (roscable). También se puede usar tubería flexible que usa accesorios de presión (flex) que requieren de abrazadera en cada unión.</p>	<p>Tantos metros como haga falta para llevar el biogás desde el biodigestor al punto de consumo</p>
<b>Llaves de bola</b>	<p>Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4" (como el adaptador de tanque).</p>	<p>Mínimo 3</p>
<b>Tee</b>	<p>Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4" (como el adaptador de tanque).</p>	<p>Mínimo 3</p>
<b>Codo</b>	<p>Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4" (como el adaptador de tanque).</p>	<p>Mínimo 2</p>
<b>Unión universal</b>	<p>Normalmente se trabaja en 1/2" o 3/4" (como el adaptador de tanque).</p>	<p>Mínimo 1</p>
<b>Teflón</b>	<p>Se recomienda usar teflón (10 vueltas) en toda conexión de roscada.</p>	<p>1 o 2, dependiendo de los accesorios de rosca que se usen</p>

<b>Cocina</b>	Se puede adaptar cualquier cocina de gas considerando disminuir la mezcla con aire y ensanchando el conducto de disipación de gas o quitándolo.	Se recomienda de dos hornillas o quemadores
<b>Reservorio (opcional)</b>	Se puede trabajar en el mismo material en que está fabricado el tanque del biodigestor. Se recomienda usar geomembrana de PVC o polietileno. Para abaratar costes se puede hacer con forma de almohada.	Un reservorio de 2 metros de largo y 2 metros de circunferencia es Recomendable para biodigestores domésticos.

Fuente: elaboración en base al manual de Instalación de Biodigestores Tubulares, Ecuador 2019 y el presente proyecto

## 7. Capacitación y asistencia técnica

Se brindará capacitación con el enfoque de que el beneficiario conozca sobre el aprovisionamiento de materia prima para la recarga de los biodigestores, metodología de aprendizaje de raíz constructivista puesto que, en el aprendizaje con la participación incrementa todos los sentidos de percepción, se invierte el proceso (práctica – teoría). Se realizarán talleres con la población beneficiaria, organizada en grupos de trabajo en función de su ubicación en la comunidad de manera práctica con respecto a la carga y mantenimiento de los biodigestores.

Sobre la asistencia técnica se la realiza para el conocimiento acerca del mantenimiento de los biodigestores por parte de los beneficiarios ya que cada familia se hará cargo de la introducción de la materia prima al biodigestor.

La operación del biodigestor es sencilla, cada día se debe cargar al biodigestor con la carga diaria definida en el diseño, por lo que debe tener conocimiento de manera general de lo siguiente.

Hay que evitar que, junto con la carga diaria, entren hojas, pajas, ramas, o arena al interior del biodigestor, para esto a veces se hace una caja de mezclas previa al biodigestor, que sirve para retener este tipo de material no deseado. La construcción de estas pozas (ya sea a la entrada o la salida) se recomienda hacerla cuando el biodigestor ya esté completamente lleno y funcionando, esto de manera opcional, de modo que las tuberías de entrada y salida ya estén fijas y acomodadas.

La salida del biol, en días secos, puede llegar a formar una “costra” o tapa dura, si en la carga del biodigestor esta tapa no cede y no sale por sí misma, habrá que romperla usando un palo o tubería, cuidado con introducir palos o tuberías por las tuberías de entrada y salida, pues pueden llegar al fondo del biodigestor y dañar el plástico, en casos como estos se conoce que a veces, se coloca un envase o utilizarse una botella de refresco de medio litro en la punta del palo o tubería, para evitar posibles daños al plástico.

Si el biodigestor se carga con más de lo esperado, se dice que tendrá la denominada "diarrea", donde el biol liberado sale fresco y aromático (con olor), y se produce menos biogás, esto produciría una denominada “indigestión” produciendo acidificación del biodigestor, en estos casos se recomienda no cargar el biodigestor durante una semana y luego cargarlo a la mitad de la carga especificada la siguiente semana dependiendo del diseño y ver cómo responde.

Por otro lado, si el biodigestor se carga menos de lo diseñado, se dice que está a "dieta" y produce menos biogás (hay menos materia prima para producir biogás). El biol, en cambio, seguirá siendo de buena calidad, pero en menor cantidad cumpliendo la regla tanto entra, tanto sale. Un biodigestor puede mantenerse en una dieta durante su vida útil, pero sin esperar que produzca la cantidad de biogás y biol que se pretende por diseño.

### **Mantenimiento**

Hay tres acciones principales en el mantenimiento del biodigestor que se deben conocer y

dar a conocer:

**Revisar que la válvula de alivio (válvula de seguridad).** Esta debe tener agua suficiente como para mantener la pieza de tubería sumergida tantos centímetros como sea necesario, en caso de que se haya evaporado el agua se debe llenar de agua o si se tiene exceso quitarlo según la medida que necesite estar sumergida.

**Purgar el agua condensada en las tuberías.** Partiendo de la pregunta de ¿Cuándo se debe realizar la purga de agua?, esta debe realizarse cuando se está cocinando y se escuchan ruidos en la tubería lo cual indica que hay agua o cuando la llama de biogás sale a golpes (sube y baja, como indicador de que el biogás atraviesa por burbujas zonas con agua), también cuando se ve que el biodigestor está hinchado y las llaves que permiten llegar el biogás hasta la cocina están abiertas pero no sale biogás lo que indica que hay obstrucción, entonces en estos casos es necesario revisar la conducción de biogás y purgar el agua que se fue acumulando.

**Cambio de filtro de ácido sulfhídrico.** Esto se lo debe realizar cuando se note que el gas sale con “olor” o se sienta la boca con sabor metálico ya que esto es indicador de la presencia de ácido sulfhídrico en el ambiente, entonces se cierra la llave previa al filtro, se abren las uniones universales y se quita la lana de hierro (bombril) oxidada ya corroída, y se cambia por una nueva. Para contar con la lana de hierro disponible al momento del remplazo, se recomienda tenerla ya preparada previamente para el próximo cambio.

La lana de hierro oxidada se convierte en un filtro adecuado por lo que para lograr obtener las condiciones de este material basta con que esta lana haya reposado una noche en vinagre para que se oxide.

El conocimiento de estos puntos y las capacitaciones servirán para un correcto uso y

mantenimiento de los biodigestores por parte de los beneficiarios, con talleres, reuniones de los beneficiarios y los técnicos con conocimientos en el tema lo cual se realizará en base al siguiente orden y actividades a realizar:

**Tabla 20 Presupuesto y materiales para capacitación**

Sesiones	Orden de sesiones.	Horas por grupo.	Grupos	Días
<b>1ra Sesión</b>	Presentación de proyecto de información.	3	2	A Coordinar
<b>2da Sesión</b>	Avance de proyecto y capacitación	3	2	A Coordinar
<b>3ra Sesión</b>	Conclusión y demostración del buen funcionamiento del BIODIGESTOR.	3	2	A Coordinar

Fuente: Elaboración en base a cotización de la empresa constructora C.G.M.Q.

### 7.1. Materiales, insumos y presupuesto necesario

Los materiales y presupuesto a ser utilizado en la capacitación en la comunidad serán:

**Tabla 21 Presupuesto y materiales para capacitación**

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>CUADERNOS</b>	8 DOCENAS	5 Bs	480 Bs
<b>BOLÍGRAFOS</b>	8 DOCENAS	1 Bs	96Bs
<b>MARCADOR DE AGUA</b>	2 DOCENA	6 Bs	144Bs
<b>PIZARRA ACRÍLICA</b>	1 U	A cargo de la empresa	----- -

<b>PROYECTOR</b>	1 U	A cargo de la empresa	----- -
<b>LAPTOP</b>	1 U	A cargo de la empresa	----- -
<b>TOTAL</b>	720 Bs		

Fuente: Elaboración en base a cotización de la empresa constructora C.G.M.Q.

### 8. Evaluación del impacto ambiental, en el marco de lo establecido en la Ley N° 1333

Es importante mantener en equilibrio los componentes de la naturaleza para utilizar racionalmente los recursos naturales disponibles, para ello es imprescindible la conciencia del hombre sobre los beneficios que brinda la naturaleza, otro de los aspectos positivos es el cumplimiento de normas ambientales vigentes de nuestro país, ya que estipulan el cuidado, conservación, preservación del medio ambiente y los recursos naturales, buscando el desarrollo sostenible.

**Tabla 22 Posibles fuentes generadoras de impacto ambiental**

ETAPA	TIPO	DESCRIPCIÓN	FUENTE	CANTIDAD	DISPOSICIÓN FINAL
EJECUCIÓN	Agua	Adaptación del agua para el funcionamiento del biodigestor.	Agua de cañería y/o río cercano, Agua recolectada de lluvias.	39 litros/familia	Se llena el biodigestor.
OPERACIÓN	No se registran impactos de gran magnitud.				



MANTENIMIENTO	Generación de residuos de plástico, procedente del biodigestor tubular.	Plástico.	Operaciones de mantenimiento	Variable.	El biodigestor es entregado en buen estado, pero pueden existir accidentes en este, debido al mal uso, lo que producirá residuo de este tipo.
ABANDONO	Generación de residuos de plástico, entre otros.	Plástico, PET.	Operación	Variable.	El material con el que se fabrica el biodigestor, no resulta conveniente para el medio ambiente, aunque este no es gran magnitud.

Fuente: Elaboración con base a información recopilada

**Tabla 23 Impacto ambiental Ejecución**

ACTIVIDAD	VALORACIÓN	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTORES	NEGATIVA	Generación de olores	Mitigarlo colocando mayor protección al biodigestor para que se mantenga fresco, y los olores no sean intensos.
	NEGATIVA	Residuos sobrantes de los materiales al construir el biodigestor	Debido a que no son grandes cantidades, disponerlos en basureros disponibles para no depositarlos o tirarlos en doquier.

	POSITIVA	Combustible limpio al estilo GLP en sustitución de la bosta.	Es un cambio muy positivo ya que estaríamos reduciendo los gases de efecto invernadero.
	POSITIVA	En los residuos se produce un abono, para las familias.	Los residuos producidos, serán beneficiosos para las plantaciones de los comunarios.
	POSITIVA	Contribuye a mitigar la quema de basura	La quema de basura disminuiría, y con estos las emisiones descontroladas de CO2

Fuente: Elaboración con base a información recopilada

**Tabla 24 Impacto ambiental en Operación**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	(+) Reducción de CO2.	NINGUNA.
	(+) Disminución de contaminantes orgánicos en aguas residuales.	NINGUNA.
	(+) Reducción de quema de basura orgánica	NINGUNA
	(+) Mejora la calidad de aire en la población de Andamarca	NINGUNA

Fuente: Elaboración con base a información recopilada

Las condiciones ambientales están dadas a través de un uso racional de los recursos naturales agua, suelos y todos los componentes biofísicos de la zona, sin afectar negativamente.

Entre los aspectos positivos podemos indicar el mayor desarrollo económico, social y cultural en las comunidades beneficiarias.

- La eliminación de desechos, y la utilización de energía limpia y renovable, a fin de evitar el deterioro de las condiciones naturales del agua, el suelo y las plantas.

- La implementación de infraestructuras (biodigestores tubulares) para la producción de biogás, no afecta a los factores de suelo, agua, vegetación y aire, ya que se plantea medidas de mitigación o de corrección durante la construcción.

## **9. Análisis y diseño de medidas de prevención y gestión de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático.**

Los riesgos producidos en la comunidad de Andamarca en cuanto a cambio climático son debido a su terreno arcilloso donde las movilidades llegan a plantarse en los caminos en época de lluvia.

En cuanto al otro extremo en temporada, en tiempos de sequía o “Helada” se reduce el abastecimiento de agua de los ríos.

El análisis de riesgos y cambio climático es una parte fundamental para la toma de decisiones respecto a los proyectos a desarrollar en el municipio en inversión pública. Siendo el único factor el tema de la variabilidad de lluvias considerable dentro del desarrollo del proyecto estos no llegarían a afectar en la puesta en marcha, construcción y/o funcionamiento de los biodigestores ya que su afectación no limita la continuidad de abastecimiento o transporte por completo tomando las previsiones necesarias independientemente de la temporalidad.

Además, el municipio dentro de las acciones a ser desarrolladas en el PEI (2016-2020) busca que las entidades que desarrollan proyectos de inversión pública puedan tener un impacto positivo ante el inminente cambio climático que afecta de manera general a la población, buscando e impulsando proyectos que tengan menor impacto negativo para el ambiente o si no impulsar proyectos que coadyuven a la reducción del impacto en el ambiente.

**Tabla 25 Medidas de prevención**

<b>RIESGOS</b>	<b>MEDIDAS</b>
Cambio climático	Para realizar acciones enfocadas al cambio climático, el municipio de La Paz plantea la estrategia de desarrollo Sustentable y Eco eficiente que promueve la aplicación de una Gestión Ambiental integral en el Municipio, generando condiciones de adaptación a efectos climáticos adversos, con la activa participación de la sociedad, para alcanzar un Municipio habitable, sano, equitativo, con productividad sustentable y generación de riqueza.  Por lo que este proyecto coadyuva a los objetivos mencionados de la PEI <sup>25</sup> , por consecuente genera medidas en contra del cambio climático.

Fuente: Elaboración con base a información recopilada

## **10. Determinación de los Costos de Inversión.**

Donde se detallan los costos de los componentes del proyecto para construcción, mano de obra, capacitación y dotación.

A continuación, se detallan los instrumentos, materiales, equipos material y personal que se necesitara para la elaboración de los biodigestores en la comunidad.

### **Costos materiales para construcción de biodigestores**

Los costos de los materiales se dividen principalmente en 4, para la conducción del biogas, la cocina, el biodigestor y la carpa contenedora del reactor.

---

<sup>25</sup> PEI, Plan Estratégico Institucional de Guaqui

**Tabla 26 Materiales y presupuesto estimado para la conducción de biogás**

MATERIAL		CANTIDADES POR BIODIGESTOR	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO POR BIODIGESTOR
<b>CONDUCCIÓN DE BIOGÁS</b>	Tubería de PVC de ½’’	5	Barras	Bs 55,00	Bs 275,00
	Llaves de bola ½’’ de plástico	3	Unid.	Bs 90,00	Bs 270,00
	Flange ½’’ de plástico	2	Unid.	Bs 40,00	Bs 80,00
	Codos PVC ½’’	4	Unid.	Bs 7,00	Bs 28,00
	Niple PVC ½’’	2	Unid.	Bs 7,00	Bs 14,00
	Tee PVC ½’’	3	Unid.	Bs 7,00	Bs 21,00
	Teflón	3	Unid.	Bs 3,00	Bs 9,00
<b>COCINA</b>	cocina	1	Unid.	Bs 200,00	Bs 200,00
<b>BIODIGESTOR</b>	Tubería de PVC 6’’	1	Barras	Bs 87,00	Bs 87,00
	Liga de neumático	60	m	Bs 8,00	Bs 480,00
	Polietileno tubular (300 µm,color negro humo)	13	m	Bs 57,00	Bs 741,00
<b>CARPA CONTENE DORA</b>	Carpa solar	7	m	Bs 40,00	Bs 280,00
	Adobe	370	Unid.	Bs 1,50	Bs 555,00
	Vigas de madera	6	Unid. 3x3	Bs 83,00	Bs 498,00
<b>TRANSPORTE</b>		1		Bs 180,00	Bs 180,00
<b>TOTAL</b>					Bs 3.718,00

Fuente: Materiales y presupuesto estimado para la conducción de biogás de un biodigestor para el altiplano, en La Paz, Bolivia. (precio Septiembre del 2022)

## Costos de mano de obra directa e indirecta

**Tabla 27 Materiales para la capacitación**

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CUADERNOS	8 DOCENAS	5 Bs	480 Bs
BOLÍGRAFOS	8 DOCENAS	1 Bs	96 Bs
MARCADOR DE AGUA	2 DOCENA	6 Bs	144Bs
<b>TOTAL</b>			<b>720 Bs</b>

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

## Costos de capacitación

**Tabla 28 Materiales adicionales que no tienen coste específico**

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PIZARRA ACRÍLICA	1 U	A cargo de la empresa	----- -
PROYECTOR	1 U	A cargo de la empresa	----- -
LAPTOP	1 U	A cargo de la empresa	----- -

Fuente: Elaboración en base a cotización de la empresa constructora C.G.M.Q.

## Costo de herramientas y materiales para instalación

**Tabla 29 Presupuesto estimado de costo de mano de obra directa e indirecta**

Detalle	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total por biodigestor
Construcción de muro tabique	5.5m x 1.10m 5.5m x 0.70m.	2	120 Bs/m2	Bs 1.188,00

(adobe 20 x 30 x 10 cm)				
<b>Excavación de zanja con: retroexcavadora y o manual para.</b>	Contenedor de polietileno tubular 0.90m x 1m x 5m.	1	180 Bs/m3	Bs 810,00
<b>Instalación de contenedor.</b>	Polietileno de 300 micrones color negro humo.	1	40 Bs/m lineal	Bs 200,00
<b>Instalación de tubería.</b>	Total	1	190 Bs/punto	Bs 1.330,00
<b>Instalación de vigas de madera.</b>	3plg x 3plg.	6	150 Bs/m2	Bs 650,00
<b>Instalación de carpa solar.</b>	Nylon polietileno de 200 micrones con: Grapas galvanizadas, Pistola neumática	1	80 Bs/m2	Bs 640,00
<b>Replanteo de obra</b>	Total	2	Bs 350,00	Bs 700,00
<b>TOTAL</b>			Bs 350,00	Bs 5.518,00

Fuente: Elaboración en base a cotización de la empresa constructora C.G.M.Q.

El costo de instalación de Bs 5.518,00 es el costo por Biodigestor instalado, donde los costos incluyen transporte a la comunidad, las herramientas a utilizarse y la ilustración de construcción para el beneficiario para así poder conocer el mecanismo de instalación para su posterior mantenimiento.

### **Costo de accesorios necesarios para la carga diaria**

Para facilitar el uso de los biodigestores se añade una dotación de baldes y palas pequeñas multiuso para el recojo del estiércol de ganado y el recojo de agua.

**Tabla 30 Accesorios de dotación para la carga de biodigestores**

ACCESORIO	CANTIDADES POR BIODIGESTOR	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO POR BIODIGESTOR
Pala multiuso pequeña	1	Unid.	Bs 30,00	Bs 30,00
balde de 10 litros	1	Unid.	Bs 15,00	Bs 15,00
<b>TOTAL</b>				Bs 45,00

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados de cotizaciones (precio Septiembre del 2022)

## **11. Plan de Operación y mantenimiento y costos asociados.**

### **11.1. Plan de operación**

En este punto se especifica el lugar de ubicación del local, así como el modelo de operaciones a seguir descritos para la infraestructura, procesos, abastecimiento de los insumos necesarios para poder llevar un control minucioso de las necesidades de los beneficiarios.

Como se vio en la ubicación del lugar, este será en la población de Andamarca del municipio de Guaqui y los ambientes utilizados para el acopio y logística será en la sede social de la población de Andamarca la cual será utilizada como almacén y punto de distribución de los materiales, insumos y herramientas necesarios para la construcción e instalación para los biodigestores.

Posteriormente se debe visitar el lugar donde es solicitado el biodigestor, para conocer el ambiente y realizar el diseño adecuado y que trabajos previos se deben realizar para la correcta instalación.



Tras comprobar el sector (terreno de los interesados) y determinar la forma de obtención de materias primas para la alimentación del biodigestor, se lleva a cabo la instalación, que consta de:

### **Instalación del biodigestor**

- Colocar el biodigestor sobre un suelo duro, seco y limpio.
- Asegúrese de que la salida de biogás esté conectada y tapada.
- Cerrar o sellar uno de los dos extremos del biodigestor.
- Comprobar si la salida de biogás está activa o no.
- El biodigestor debe llenarse con agua reemplazando el aire de su interior, esta operación debe realizarse para garantizar un correcto proceso.

### **Instalar la válvula de seguridad**

Se debe colocar una válvula de seguridad entre el biodigestor y el lugar donde se utiliza el biogás. Su función es formar un sello de agua que permita la liberación del exceso de biogases y proteja al biodigestor de una presión interna excesiva para esto se debe realizar:

- Colocar una “T” de PVC y en uno de sus extremos un conducto de 10 cm de largo.
- En el extremo se debe colocar un tapón, porque aquí está la tubería que lleva el biogás a su lugar de uso, esto sucede en el momento en que el biodigestor comienza a producir biogás.
- Por la parte inferior de la “T”, se coloca la esponja de hierro o bombril, luego se introduce una unión de 20 cm de largo ya que es necesario verificar y cambiar la

esponja cada tres o cuatro meses, ya que se filtran gases indeseables haciendo que la lana de hierro o bombril se ensucie y sea necesario reemplazarla por una nueva.

- Ahora, se debe introducir el extremo de le “T” en un recipiente o botella plástica, y 5 cm por encima del extremo del tubo que se acaba de introducir, se deben hacer agujeros a la botella. Todos estos agujeros deben estar al mismo nivel, para garantizar que se mantenga el sello de agua hasta esa altura.

### **Verificar el sello de agua**

Un sello de agua es como un tapón que evita que el biogás se escape, el biodigestor se llena con agua hasta el 75% de la capacidad total, el 25% restante se utiliza para almacenamiento de biogás, el agua o la mezcla interior evita que el biogás se escape por los extremos, se debe evitar que algún extremo no quede cubierto para evitar fugas lo que haría que este denominado sello no se esté cumpliendo.

Estos puntos son los que se deben cuidar para tener una correcta instalación y así se evidencie que buen desarrollo de la operación en los biodigestores instalados. Para asegurar que se mantendrá la operación a lo largo de la vida útil del biodigestor se debe capacitar al beneficiario para que pueda realizar los controles necesarios y lo que es más importante para que el proceso sea productivo ya que depende del beneficiario la carga diaria se contara con dotación de material el cual será para la recolección de los elementos para la recarga los cuales son sencillos y de fácil uso

**Tabla 31 Accesorios de dotación para la carga de biodigestores**

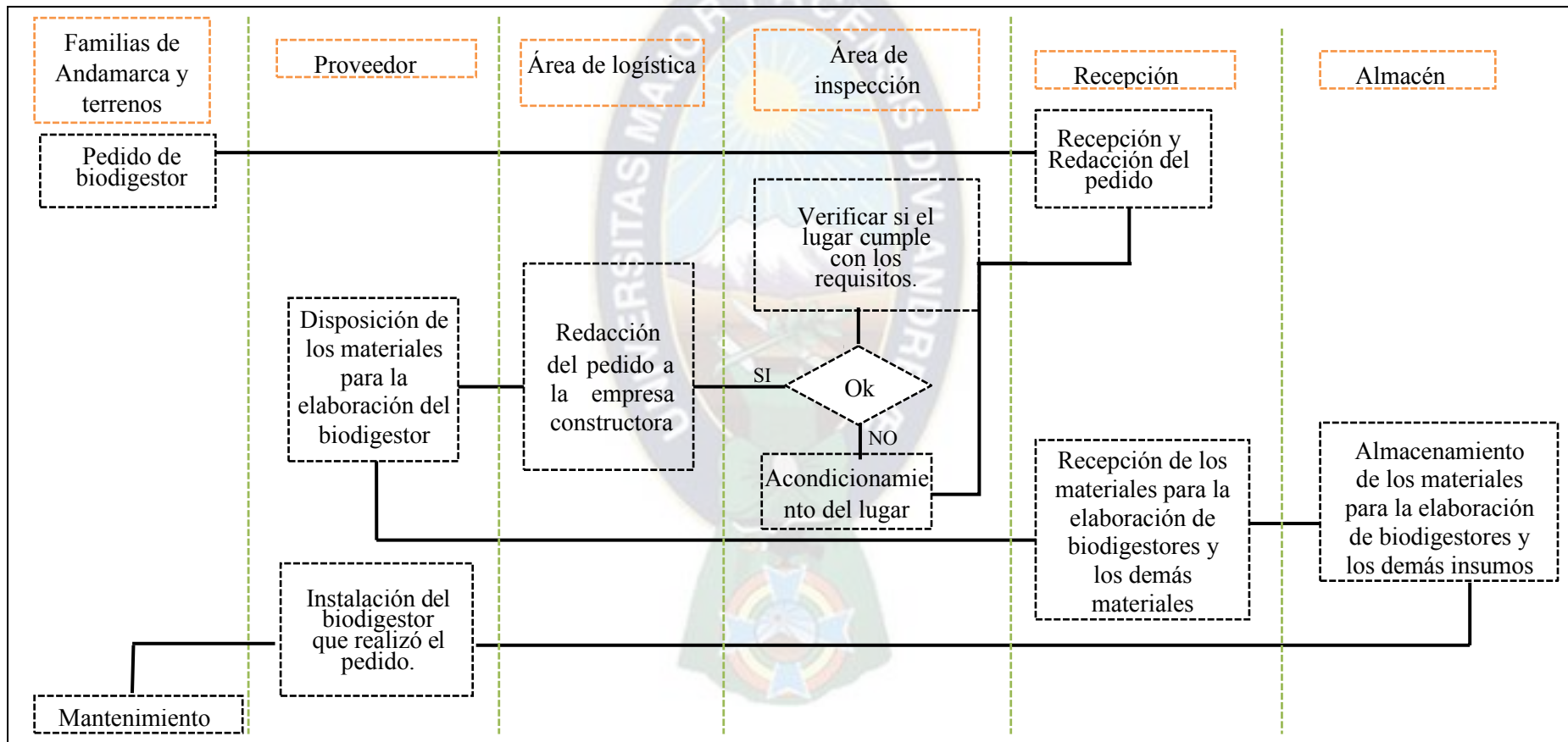
ACCESORIO	CANTIDADES POR BIODIGESTOR	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO POR BIODIGESTOR
<b>Pala multiuso pequeña</b>	1	Unid.	Bs 30,00	Bs 30,00
<b>balde de 10 litros</b>	1	Unid.	Bs 15,00	Bs 15,00
<b>TOTAL</b>				Bs 45,00

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados de cotizaciones (precio Septiembre del 2022)

La instalación de biodigestor estará a cargo de los técnicos conjuntamente con los maestros constructores (albañiles) y los ayudantes bajo la supervisión designado del programa y el administrador del proyecto, los costos de los materiales del biodigestor como los del personal relacionado se mencionan en la tabla de costos mostrados en el turulo anterior.

Toda esta instalación y operaciones serán ejecutadas por la empresa constructora la cual se encargará de las operaciones de construcción, instalación y capacitación a los beneficiarios por lo que el plan de operación será ejecutado por esta empresa, por otra parte, la contratación y el seguimiento será realizado por la comunidad y el municipio de acuerdo a reuniones previas y consensos con las directivas encargadas.

**Ilustración 18 Diagrama de flujo funcional**



Fuente: Elaboración con base a información recopilada

En el diagrama anterior se muestra de manera general el proceso que se seguirá para llegar a la instalación de los biodigestores en la casa de los beneficiarios, donde se considera que pueda existir familias que no están interesadas en recibir esta nueva tecnología dentro de sus hogares, por esto se debe existir un flujo funcional administrativa detallada a continuación.

**Pedido:** Esta actividad ocurre cuando el beneficiario hace su petición de adquisición del biodigestor para que se le disponga de los materiales necesarios y el servicio para el armado e instalación.

**Recepción y redacción del pedido:** Se realiza la recepción y redacta el pedido que el propietario de los terrenos.

**Inspección:** Una vez que el beneficiario ha hecho su pedido, se va a contar con un personal calificado que se va encargar de inspeccionar el terreno para ver que este cumpla con todos los requisitos, si el terreno no califica entonces el proceso terminará allí hasta que el beneficiario cumpla con las condiciones previas para la instalación, pero si la decisión es si, se procederá a la instalación del biodigestor. Lo que se verificará será lo sí existe un espacio adecuado de acuerdo con las dimensiones del biodigestor.

**Recepción de los materiales para la elaboración de los biodigestores y los demás suministros:** Una vez adquiridos los materiales, se los almacena en los predios de la sede social donde esperaran a ser trasladados posteriormente al terreno donde se realizará la construcción e instalación.

**Almacenamiento:** Una vez que el personal encargado lleva los productos al almacén, estos se almacenan de acuerdo al orden de llegada, los que están ya en el almacén van primeros luego los nuevos pedidos (si existiera), estos son guardados en cajas especiales para evitar cualquier daño o deterioro.

**Preparación de materiales e instalación:** Luego de verificar y confirmar la inspección, se procederá a preparar todos los materiales que son necesarios para la instalación dichos materiales serán transportados al terreno.

**Mantenimiento:** Este mantenimiento se realizará de forma periódica por parte de los beneficiarios previa capacitación.

## **12.2. Mantenimiento**

La duración típica de un biodigestor tubular es de 5 años. Pero según el nivel de cuidado, podría durar menos o al contrario alcanzar una vida útil mucho mayor, hasta 10 años.

Las piezas que lleguen a dañarse por algún motivo deben remplazarse por los beneficiarios teniendo, un costo de compra igual al mencionado en los cálculos métricos de los materiales ya que será una nueva pieza.

Por otra parte, se debe realizar un mantenimiento cada 3 meses para ver las condiciones de la bolsa del reactor, este mantenimiento debe ser una limpieza, previniendo que no existan materiales los cuales puedan dañar la bolsa del reactor con materiales que no se degradaron de una manera adecuada, esto lo deberá realizar el beneficiario, ya teniendo una capacitación previa, al realizar la limpieza no se tendrá costos externos.

Para un buen mantenimiento, es necesario atender 3 partes del biodigestor principalmente.

- La válvula de seguridad
- Filtro de sulfhídrico
- En las tuberías de biogás se condensa agua

Los biodigestores familiares son relativamente económicos, por lo que son frágiles los de polietileno son más gruesos que los plásticos de las carpas solares, si no se los protege o cuida

de manera adecuada estos se agujerean de donde los pequeños agujeros se pueden arreglar siempre y cuando sean mejores a 5cm, pero los de mayor tamaño no por lo que los costos asociados con el mantenimiento dependerán de la pieza o el sector involucrado, el cual tendrá un costo del material o la pieza descritos en los cómputos métricos ya que la pieza deberá ser cambiada.

En cuanto al mantenimiento del reactor se deberá extraer material que haya podido ingresar y este no sea biodegradable para evitar posibles obstrucciones de los tubos, esto de manera periódica para evitar acumulaciones que causarían menor volumen para el almacenamiento de biogás, el mantenimiento será realizado por el beneficiario con capacitación previa, lo cual no tendrá un costo en mantenimiento posterior a la entrega del biodigestor.

## 12. Organización para la implementación del proyecto.

La estructura organizacional muestra las condiciones funcionales de los actores dentro del proyecto para los beneficiarios, cuya estructura se muestra a continuación.

**Ilustración 19 Estructura orgánica**



Fuente: Elaboración con base a información recopilada

Por tanto, se propone que se cuente con una empresa constructora según requerimiento, esta desarrollara actividades programadas y consensuadas para la realización del proyecto, tanto en la organización, logística, e instalación de los biodigestores.

**Municipalidad:** Máximo órgano de administración de los beneficiarios la cual tendrá como funciones:

- Establecer las políticas y directrices generales a corto mediano y largo plazo para el cumplimiento de su objeto social.
- Aprobar los informes, inventarios, balances y estado de resultados del correspondiente ejercicio social.

**Asamblea General:** esta será la asamblea de la comunidad de Andamarca la cual es la principal interesada en la ejecución del proyecto en su comunidad y tendrá cualidades de fiscalización social.

- Cumplir y hacer cumplir las disposiciones legales, los reglamentos y los mandatos de la municipalidad.
- Rendir el informe a la Asamblea General sobre las actividades realizadas durante el proyecto.
- Aprobar la celebración de acuerdos o convenios con otras entidades.

**Empresa constructora:** Ejecutor principal de las obras en la comunidad, adquisición de los materiales, transporte, capacitación a los beneficiarios, la instalación y la entrega funcional de los biodigestores en la comunidad.

- Obtención y transporte de los materiales e insumos necesarios.
- Ejecutar funciones en base a acuerdos con la municipalidad y autoridades locales (asamblea general)



- Capacitar sobre el uso y mantenimiento de los biodigestores e los beneficiarios.

**Técnico de instalación:** Personal encargado de la ejecución directa de la construcción del biodigestor, con conocimientos necesarios en el área para guiar a los operarios, y realizar las instalaciones de biogás se manera segura para los hogares de los beneficiarios, en lo cual tiene funciones de:

- Realizar la supervisión técnica de la construcción de los biodigestores para un correcto funcionamiento.
- Realizar y orientar las instalaciones de conducción de biogás.
- Realizar las capacitaciones a los beneficiarios sobre el sistema de funcionamiento para producción de biogás, y biol
- Cumplir con todas las tareas asignadas

**Personal obrero.** Responsables de la construcción civil, traslado adecuación para el funcionamiento del sistema de producción de biogás. Sus funciones son:

- Realizar los trabajos necesarios para la construcción del biodigestor en sus componentes para producción de biogás
- Diseñar o reajustar el sistema de producción de biogás, piezas o herramientas necesarias para adaptarse a las necesidades de producción y a las tendencias de la familia beneficiada.
- Informar de cualquier irregularidad de inmediato.
- Cumplir con todas las tareas asignadas.

### 13. Evaluación económica.

#### 13.1. Estructura de inversión

Para la estructura de inversión se tomó en cuenta a 90 familias beneficiarias, esto se obtiene conociendo que la población de 450 habitantes aproximadamente y considerando 5 habitantes promedio por familia lo que nos da 90 familias aproximadamente como las posibles beneficiarias.

A continuación, se muestra el total de la inversión en base a las tablas de costos mostradas y detalladas anteriormente.

**Tabla 32 Estructura de inversión**

<b>INVERSIÓN EN MATERIALES</b>			
<b>Descripción</b>	<b>cantidad</b>	<b>Costo Unitario (Bs)</b>	<b>Costo Total (Bs)</b>
Biodigestores	90	Bs 3.718,00	Bs 334.620,00
<b>TOTAL</b>			<b>Bs 334.620,00</b>
<b>INVERSIÓN EN ACCESORIOS</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (Bs)</b>	<b>Costo Total (Bs)</b>
Accesorios	90	Bs 45,00	Bs 4.050,00
<b>TOTAL</b>			<b>Bs 4.050,00</b>
<b>INVERSIÓN EN MANO DE OBRA</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Nro de familias</b>	<b>Costo unitario (Bs)</b>	<b>Costo Total (Bs)</b>
Mano de obra	90	Bs 5.518,00	Bs 496.620,00
<b>TOTAL</b>			<b>Bs 496.620,00</b>
<b>INVERSIÓN EN GASTOS DE CAPACITACIÓN</b>			
<b>Detalle</b>			<b>Costo Total (Bs)</b>
Materiales			Bs 720,00
<b>TOTAL</b>			<b>Bs 720,00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>Bs 836.010,00</b>

Fuente: elaboración con base a datos recopilados de costos y presupuestos

Conociendo la estructura de inversión, se realizará un análisis de los ingresos debido a la implementación del proyecto, conociendo las utilidades que generaría el incremento de la producción de quesos, y también se realizará una monetización del tiempo invertido en costos de operación aproximado al realizar la recarga del biodigestor, para lo cual se analizará el sistema de producción, los ingresos que tienen de sus actividades.

### **13.2. Sistemas de producción**

En el ámbito municipal de Guaqui se ha determinado la práctica de dos sistemas claramente identificados, la primera y más importante es el sistema pecuario, destinada principalmente a la producción lechera, así como también en pequeña escala la crianza de vacunos y ovinos para ganado de engorde. Por otra parte, el sistema agrícola que es básicamente de autoconsumo y de subsistencia, cultivos tradicionales como el cultivo de la papa, quinua, haba.

Los principales subproductos de la producción de papa, son el chuño y la tunta, aunque la mayor parte de los agricultores, elaboran el chuño. Ambos productos se someten a un proceso de liofilización natural, técnica muy antigua y reconocida a nivel mundial que realizan los pobladores del ande boliviano.

#### **13.2.1. Cuantificación monetaria por el tiempo invertido en la carga del biodigestor**

La comunidad de Andamarca se dedica a 3 actividades principales para la generación de recursos económicos para consumo propio o generar recursos económicos, para tener una idea de los ingresos de se tomará en cuenta la producción de papa, ganado y quesos.

La comunidad se dedica a la actividad principal de trabajo con leche del ganado con el que cuentan, la leche es comercializada a empresas lecheras el cual no requiere tratamiento previo para su venta, pero existe también la actividad extra de elaboración de queso con la leche que

no es comercializada de lo cual se conoce que a la semana elaboran 30 unidades para su consumo o comercialización, esto se realiza de manera artesanal en los fogones de las familias teniendo un costos y utilidad por familia mostrada a continuación:

**Tabla 33 Costo e ingreso de elaboración de queso por semana sin proyecto**

Actividad	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Total Bs
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>185,5</b>
<b>Insumos</b>				
leche	lts	30	3,5	105
sal	kg	0,25	1	0,25
cuajo	kg	0,05	5	0,25
cestas o baldes	Unidad	2	10	20
mano de obra	destajo	1	60	60
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>300</b>
Venta de quesos	Unidades	30	10	300
<b>Utilidad.</b>	Bolivianos			<b>114,5</b>

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

La producción de quesos en promedio alcanza a las 30 unidades con el método tradicional, pero se tienen experiencias dentro de la comunidad de familias que cuentan con cocinas con acceso a gas por medio de garrafas que mencionan que la cantidad de producción aumenta si es con el uso de cocinas con acceso a gas, incrementando de 30 unidades a 40 unidades semanales, este incremento se alcanza con el método de procesamiento más adecuado y menos rudimentario el cual se alcanzaría también con el uso de las cocinas con acceso a gas del biodigestor. Y por lo tanto la utilidad incrementa como se muestra en la tabla a continuación

**Tabla 34 Costo de elaboración de queso por semana con proyecto**

Actividad	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Total Bs
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>220,6</b>
<b>Insumos</b>				
leche	Lts.	40	3,5	140

sal	kg	0,3	1	0,3
cuajo	kg	0,06	5	0,3
cestas o baldes	Unidad	2	10	20
mano de obra	destajo	1	60	60
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>400</b>
Venta de quesos	Unidades	40	10	400
<b>Utilidad.</b>	Bolivianos			<b>179.4</b>

Fuente: elaboración con base a datos recopilados

Como se puede observar existe un incremento en la producción y por lo tanto la utilidad incrementa, esto nos servirá para conocer los ingresos con la implementación del proyecto

**Tabla 35 Incremento de utilidad**

	<b>sin proyecto</b>	<b>con proyecto</b>	<b>incremento</b>
Utilidad semana	Bs 114.5	Bs. 179.4	Bs. 64.9
Utilidad anual	Bs 5.496,00	Bs 8.611,20	Bs 3.115,20
Utilidad con el total de familias beneficiarias	Bs 494.640,00	Bs 775.008,00	Bs 280.368,00

Fuente: elaboración en base a estimaciones con datos recopilados

Este incremento sea el ingreso obtenido de manera directa con la implementación del proyecto el cual se reflejará también en el flujo de caja

Para conocer el costo de mano de obra operativa que tendría, analizaremos las actividades realizadas por los beneficiarios en 3 actividades principales, producción de papa, producción de ganado además de venta de leche y derivados. Teniendo una aproximación de la rentabilidad anual de sus actividades en promedio y así conocer el costo que corresponde a las horas trabajadas en el día.

**Producción de Papa.** El cultivo de la papa en el municipio es tradicional, se destina principalmente al autoconsumo de las familias, es muy poco significativa la venta de papa o en

forma de chuño y tunta, es por este motivo que en el cuadro de abajo en lo que se refiere a ingresos se refiere como autoconsumo.

**Tabla 36 Costos de producción anual de papa (por Ha)**

<b>Actividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P/U (Bs)</b>	<b>Total Bs</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>5510</b>
<b>Preparación del terreno.</b>				
Desterronado o Barbecho tractor	Jornal	2	250	500
Rastreado o nivelación	Tractor	2	120	240
<b>Siembra.</b>				
Apertura de surco con yunta	Yunta	2	100	200
Aplicación semilla.	Jornal	4	60	240
<b>Labores culturales</b>				
Aporque y deshierbe	Jornal	1	50	50
<b>Cosecha</b>				
Cosecha	Jornal	6	80	480
Transporte	Contrato	1	150	150
<b>Insumos</b>				0
Semilla	qq	10	240	2400
Abono orgánico	yute	40	10	400
Abono químico orgánico	@	2	240	480
Urea	@	2	120	240
Pesticidas	litro	1	130	130
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>7200</b>
Consumo de papa	qq	30	240	7200
<b>Utilidad.</b>	Bolivianos			<b>1690</b>

Fuente: elaboración con base a datos recopilados

Donde se puede evidenciar en la producción de papa se tiene una utilidad si llega a ser comercializada de manera anual, además cabe notar un costo de abono orgánico el cual podría ser remplazado por el biol producido por medio de los biodigestores anulando el costo dentro de la producción y teniendo un monto de ahorro.

**Producción y rentabilidad del ganado.** El siguiente cuadro demuestra un cálculo de costos e ingresos que genera cada productor en promedio por la venta de leche principalmente y algunos derivados de la misma, además por la venta de ganado que realizan anualmente.

**Tabla 37 Costo de producción para 10 cabezas de ganado bovino al año**

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P/U (Bs)</b>	<b>Total Bs</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>9444</b>
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>				<b>200</b>
Depreciación			200	200
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>				<b>9244</b>
<b>Siembra y cosecha de forrajes</b>				<b>1950</b>
Preparación de terrenos (alquiler de tractores)	Hrs	10	60	600
Cosecha	Jornal	6	150	900
Post cosecha (emparvado)	Jornal	6	75	450
<b>Insumos</b>				<b>950</b>
Compra de semilla cebada	qq	5	70	350
Compra de semilla avena	qq	8	50	400
Compra de semilla alfalfa	Kilos	5	40	200
<b>Productos veterinarios</b>				<b>394</b>
Productos antiparasitarios externos (Diazil)	litros	1	173	173
Productos parasitarios externos (Balbazen)	frascos	1	141	141
Vitaminización				
Vacunas (fiebre aftosa)	Cabezas	8	10	80
<b>Gastos de producción (cebada, avena y alfalfa)</b>	global			<b>3040</b>
<b>Alimentación complementaria</b>				<b>2050</b>
Afrecho	Sacos	25	80	2000
Sal	Moldes	10	5	50
<b>Mano de obra en manejo de ganado</b>				<b>110</b>
Marcado	hora	1	30	30
Destete	jornal	1	20	20
Tratamiento sanitario	jornal	3	20	60
<b>Otros gastos</b>				<b>750</b>
Inseminación artificial	pajuela	5	150	750
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>				<b>30778</b>
Autoconsumo de leche	lts/Anual	48	3,5	168
Autoconsumo de queso	Unidad/Anual	36	10	360
Venta de Leche	lts/Anual	6000	3,5	21000

Venta de ganado en pie	Cabezas	2	2000	4000
Venta de ganado de descarte (toros, toretes, crías y vacas madre)	Cabezas	1	1500	1500
Autoconsumo de forrajes (Cebada, avena y alfalfa)		150	25	3750
<b>UTILIDAD NETA</b>	Bolivianos			<b>21334</b>

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

Esta información dará a conocer los ingresos que se tiene por parte de la producción y manutención de ganado obteniendo una utilidad la cual será para conocer los ingresos de los beneficiarios que realizarán las operaciones de recarga en el biodigestor.

**Tabla 38 Ingresos de los beneficiarios**

<b>Ingresos de pobladores en la comunidad por actividades</b>	
Ingresos por producción de papa	Bs 1.690,00
Ingresos por producción de quesos	Bs 5.496,00
Ingresos por producción de ganado	Bs 21.334,00
<b>Total</b>	<b>Bs 28.520,00</b>

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

Lo que mostraría que 28.520,00 Bs serían los ingresos de los beneficiarios de manera anual de acuerdo a las actividades económicas que realizan dentro de la comunidad, esto servirá para conocer el costo operativo que se tendría al invertir el beneficiario para realizar la recarga de los biodigestores

Realizando las operaciones necesarias dividiendo el monto anual en los días y horas trabajadas se tiene que la monetización de hora trabajada es igual a 9.77 Bs, es decir de la totalidad de ingresos de las actividades realizadas por el comunario corresponde a 9.77 Bs la hora trabajada.

Para la recarga del biodigestor se estima un tiempo de 0.5 horas (30 minutos), por lo cual cada beneficiario invertiría 0.5 horas (30 minutos) diarias para la recarga con una monetización igual a 4.88 Bs



### 13.3. Flujo de fondos

Para el siguiente flujo de fondos se toma en cuenta la vida útil del proyecto de 5 años con una tasa de crecimiento de -0.33% con una tasa de costo promedio ponderado del capital (TCPPC) de 12.81%<sup>26</sup>

Ya que la inversión se realizará en una sola gestión se debe realizar un ajuste a la tasa nominal obtenida:

$$i_{real} = \frac{i_{nominal} - \lambda}{1 + \lambda}$$

Donde:

$i_{nominal}$ : Tasa nominal = 12.81 %

$\lambda$ : Promedio de la tasa de inflación de los últimos 5 años

**Tabla 39 Tasa de inflación según años**

Fecha	Inflación 12 meses
31/12/2022	3,12%
31/12/2021	0,90%
31/12/2020	0,67%
31/12/2019	1,47%
31/12/2018	1,51%
<b>Promedio</b>	<b>1.53 %</b>

Fuente: Elaborado en base a datos obtenidos de [https://www.bcb.gob.bo/?q=indicadores\\_inflacion](https://www.bcb.gob.bo/?q=indicadores_inflacion)

Con esto:

$$i_{real} = \frac{i_{nominal} - \lambda}{1 + \lambda} = \frac{12.81 - 0.0153}{1 + 0.0153} = 12.60 \%$$

La tasa de costo promedio ponderado del capital real llega a ser 12.60% y es el cual se utilizará en el flujo de fondos.

<sup>26</sup> Resolución ministerial razón precio cuenta Nro 159, La Paz 22 de septiembre de 2006

**Tabla 40 Número de familias por año**

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Población por año</b>	451	450	449	448	447	446
<b>Nro. de familiar por Año</b>	90	90	90	90	89	89

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones

Donde se puede apreciar que con una tasa de crecimiento poblacional de -0.33% existe un decrecimiento en la población esto debido a los factores de migración y mortalidad de la comunidad, este crecimiento negativo no mostraría una reducción en la población en condiciones actuales, las cuales no son demasiado considerables a lo largo de los 5 años del proyecto.

**Tabla 41 Depreciación**

<b>CONCEPTO</b>	<b>Total beneficiarios</b>	<b>Monto (Bs)</b>	<b>VIDA ÚTIL (Años)</b>	<b>DEPRECIACIÓN</b>
<b>Biodigestor</b>	90	Bs 3.718,0	5	Bs 66.924,0
<b>Palas</b>	90	Bs 45,0	5	Bs 810,0
<b>MO</b>	90	Bs 5.518,0	5	Bs 99.324,0
<b>Total</b>				<b>Bs 167.058,0</b>

Fuente: Elaboración en base datos recopilados

Con todos estos valores se realiza el armado del flujo de caja del proyecto de manera privada, en este caso se realiza un flujo de caja, obteniendo los indicadores del flujo de costos e ingresos del proyecto.

**Tabla 42 Flujo de caja del proyecto**

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos (venta de Quesos)		280368	280368	280368	280368	280368
Ahorro en compra de garrafas		24300	24300	24300	24300	24300
<b>1. INGRESOS NETOS</b>		304668	304668	304668	304668	304668
Costo de mano de obra operativa		160425	160425	160425	160425	160425
Depreciación biodigestor		167058	167058	167058	167058	167058
<b>2. COSTO TOTAL</b>		327.483,0	327.483,0	327.483,0	327.483,0	327.483,0
Utilidad antes de impuesto		-22.815,0	-22.815,0	-22.815,0	-22.815,0	-22.815,0
IUE (25%)		0	0	0	0	0
Utilidad Neta (por costos)		-22.815	-22.815	-22.815	-22.815	-22.815
Depreciación		167.058,0	167.058,0	167.058,0	167.058,0	167.058,0
Materiales para el biodigestor	-334.620,00					
Construcción del biodigestor	-496.620,00					
Inversión capacitación	-720					
Inversión en accesorios	-4.050					
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-836.010,0</b>	<b>144.243,0</b>	<b>144.243,0</b>	<b>144.243,0</b>	<b>144.243,0</b>	<b>144.243,0</b>

Fuente: Elaboración en base a estimaciones

Del cual podemos obtener los siguientes resultados:

VAN	Bs -323.683,10
-----	----------------

Donde se puede observar un valor actual neto negativo del proyecto de Bs -409.992,6, este valor del proyecto puro es negativo debido a la inversión realizada, al tratarse de un proyecto de inversión pública no se espera ingresos de retorno, o invertir para obtener rentabilidad, en el proyecto se espera obtener resultados en mejora de la calidad de vida de la comunidad además del cambio a fuentes energéticas renovables amigables con el medio ambiente y que no generen contaminación.

Pero como se conoce que el financiamiento será acordado con la comunidad, realizando pruebas en inversión compartida entre el municipio y el beneficiario como contraparte,

alcanzando hasta un 61 % del costo de inversión que llega a ser un monto de Bs. 509.966,1 que podría ser cubierto por el beneficiario, y así se obtendría un Valor Actual Neto positivo.

Flujo de Caja	-509.966,1	144.243,0	144.243,0	144.243,0	144.243,0	144.243,0
---------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Obteniendo un VAN = Bs. 2.360,80, y el restante 39% podría ser financiado con fondos del municipio.

No se tiene un valor similar para realizar la comparación de manera directa, ya que en Bolivia no se realizaron proyectos similares con una evaluación financiera a largo plazo y para tener un valor referencia se realizará la evaluación económica social, para ver los beneficios que se obtienen con la implementación del proyecto en la comunidad.

Al tratarse de un proyecto netamente de beneficio social, los indicadores de beneficio ante la inversión son intangibles ya que se hace una inversión que beneficia al vivir bien de la comunidad, además de eso un beneficio directo que se tiene a partir de la implementación de proyecto es la incrementación de la producción de quesos de 30 unidades a 40 unidades semanales lo que significa un incremento monetario de 56.7 % lo que muestra un beneficio directo alcanzado a los beneficiarios de la comunidad de Andamarca.

#### **14) Evaluación social**

Para el presente proyecto se está considerando los bienes meritorios en cumplimiento al artículo 19 y 20 del reglamento básico de pre inversión para corregir las distorsiones de los precios de mercado, debido a que el proyecto tiene un el objetivo de beneficio social para lo cual se realiza un análisis de evaluación a precios cuenta.

**Tabla 43 Razón de precio cuenta de eficiencia**

<b>Razones Precio Cuenta de Eficiencia</b>	
<b>1.24</b>	Razón precio cuenta de eficiencia de la divisa (RPCED)
<b>0.47</b>	Razón precio cuenta de la mano de obra no calificada rural (RPCMONCR)
<b>0.23</b>	Razón precio cuenta de la mano de obra no calificada urbana (RPCMONCU)
<b>1.00</b>	Razón precio cuenta de la mano de obra calificada (RPCMOC)
<b>0.43</b>	Razón precio cuenta de la mano de obra semicalificada (RPCMOSC)
<b>12.81 %</b>	Tasa de Sosto Promedio Ponderado del Capital (TCPPC)
<b>12.67 %</b>	Tasa Social de Descuento (TSD):

Fuente: Extraído de la resolución ministerial razón de precios cuenta Nro 159 La Paz, 22 de septiembre de 2006

Con estos valores podemos obtener la razón precio cuenta para el proyecto de donde:

**Tabla 44 Razón de precio cuenta para la evaluación de la implementación de biodigestores**

	<b>valor de mercado</b>	<b>RPC</b>	<b>Valor socioeconómico</b>
<b>Inversión</b>	<b>Bs 836.010,00</b>		<b>Bs 734.160,60</b>
<b>Materiales e insumos importados</b>	Bs 2.700,00	1,24	Bs 3.348,00
<b>Materiales locales</b>	Bs 336.690,00	1	Bs 336.690,00
<b>Mano de obra calificada</b>	Bs 316.800,00	1	Bs 316.800,00
<b>Mano de obra semicalificada</b>	Bs 179.820,00	0,43	Bs 77.322,60
<b>Mano de obra no calificada rural</b>	Bs 160.425,00	0,47	Bs 75.399,75

Fuente: Elaboración propia en base a la resolución ministerial 08 de septiembre de 2020

Dentro de los beneficios sociales que deben considerarse en la evaluación económica social se pueden considerar los ahorros en costo al evitar enfermedades que se dan por el método actual de utilización de las bostas, la manera de preparar los alimentos, el humo generado y la manipulación en las cocinas.

**Salud.** Debido a la actividad desarrollada dentro de la comunidad existen enfermedades las cuales generan un impacto negativo para el desarrollo adecuado de las comunidades, Así mismo el factor económico hace que la mayor parte de la población se encuentre viviendo en la pobreza, por lo que no tienen una buena alimentación, viven en algunas situaciones en hacinamiento, lo que hace que muchas enfermedades se transmitan fácilmente.

A continuación, se describen las principales enfermedades prevalentes:

**Tabla 45 Causas de Morbilidad y Mortalidad**

Consultas	Principales motivos de consultas
En menores de 5 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infecciones respiratorias agudas</li> <li>2. Diarreas</li> <li>3. Patologías Dermatológicas</li> <li>4. Traumatismo y confusiones</li> <li>5. Patologías Gastroenterologías</li> </ol>
En mujeres embarazadas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infecciones Urinarias</li> <li>2. Bulbo vaginitis</li> <li>3. Infecciones respiratorias agudas</li> </ol>
En mujeres no embarazadas menores de 45 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Patologías Genitourinaria</li> <li>2. Infecciones respiratorias agudas</li> <li>3. Patologías neurológicas</li> <li>4. Patologías Gastroenterología</li> <li>5. Patologías dermatológicas</li> </ol>
En hombres adultos de 20 a 59 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Traumatismo y confusiones</li> <li>2. Infecciones respiratorias agudas</li> <li>3. Patologías dermatológicas</li> <li>4. Patologías neurológicas</li> <li>5. Patologías Gastroenterología</li> </ol>
En adolescentes mujeres de 14 a 19 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infecciones respiratorias agudas</li> <li>2. Patología Genitourinaria</li> <li>3. Patologías Dermatológicas</li> <li>4. Traumatismo y confusiones</li> <li>5. Patologías Gastroenterologías</li> </ol>
En adolescentes varones de 14 a 19 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Traumatismo y confusiones</li> <li>2. Infecciones respiratorias agudas</li> <li>3. Patologías dermatológicas</li> <li>4. Patologías neurológicas</li> <li>5. Patología Genitourinaria</li> </ol>
En adulto mayores de 45 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Traumatismo y confusiones</li> <li>2. Infecciones respiratorias agudas</li> <li>3. Patologías neurológicas</li> <li>4. Patologías Gastroenterología</li> <li>5. Patologías osteoarticular</li> </ol>

Fuente: PDM de Guaqui 2008 – 2012

Como se observa en el cuadro anterior las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs), es la principal causa de mortalidad infantil en menores de 5 años, debido a que genera la disminución de sus defensas, se vuelven vulnerables para contraer otras enfermedades, como la Neumonía, que en muchos casos les ocasiona la muerte.

La aspiración del humo produciría antracosis pulmonar, debido a la respiración de partículas de carbono al realizar la quema de las bostas debido a la quema dentro de los fogones en hogares a continuación se realiza una estimación de costos del diagnóstico y tratamiento de la enfermedad por paciente.

Para el diagnóstico médico se requiere estudios para el paciente que son estudios de laboratorio, rayos X además de examen de sangre hemograma completo.

En caso severo tomografía axial computarizada que habitualmente tiene un costo de 5000 bs El tratamiento paliativo se realiza desde el oxígeno, fisioterapia respiratoria y medicamentos antiinflamatorios esteroideos y no esteroideos, expectorantes mucolíticos, medicamentos aspirativos (salbutamol), según la gravedad de la enfermedad se puede dividir en 3 y así también la medicación y tratamiento.

- Leve – Uso de pastillas antiinflamatorios esteroideos o no esteroideos
- Moderado - con el uso de Jarabes expectorantes (2 u. abrilar jarabe) y pastillas esteroideas (10 días corticoides, aspirina 30 días y no esteroides (10 días ibuprofeno)
- Severo – con un tratamiento con oxígeno, medicamentos en aerosol

**Tabla 46 Costos de diagnóstico y tratamiento médico de IRAs**

Detalle	Cantidad	P/U (bs)	Total (Bs)
Examen de sangre hemograma completo	1	100	100
Estudio laboratorial de Rayos X	1	100	100

Jarabe expectorante	2	80	160
Pastillas esteroideos	10	1,5	15
Aspirina	30	0,5	15
Ibuprofeno	20	1	20
<b>Total</b>			<b>410</b>

Fuente: Elaboración con base a datos recopilados

Según el centro de salud de la comunidad el porcentaje de casos atendidos por infecciones respiratorias (neumonía) del total de consultas en promedio alcanza un 8 % aproximadamente, con esto el promedio para una persona con este malestar debe destinarse un monto económico para su tratamiento médico es 410 Bs y para el 8% de la población total se tiene un costo de 14.760 Bs

Otra enfermedad común en la comunidad llega a ser las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) la cual provoca deshidratación y en muchos casos desnutrición riesgoso, también son vulnerables a contraer cualquier otra enfermedad llegado a tener un porcentaje de casos en consultas del 18% en promedio aproximadamente.

Para su diagnóstico se necesita en promedio Ecografía competa, examen de sangre hemograma completo y en casos severos tomografía axial computarizada que tiene un costo aproximado de 5000 Bs

Entre los tratamientos más comunes son:

Tratamiento medicamentos contra la fiebre (antipiréticos) AINES (antinflamatorios no esteroideos)

Fiebre - Ibuprofeno 3 veces al día por 30 días y antibióticos cotrimoxazol 2 veces al día 10 días, además de Sales de rehidratación oral sachet 1 cada día 5 días.



**Tabla 47 Costos de diagnóstico y tratamiento médico de EDAs**

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P/U (bs)</b>	<b>Total (Bs)</b>
Examen de sangre hemograma completo	1	100	100
Ecografía completa	1	150	150
Cotrimoxazol	20	1,8	36
Sales de rehidratación oral	5	5	25
Ibuprofeno	30	1	30
<b>Total</b>			<b>341</b>

Fuente: elaboración con base a datos recopilados

Este tratamiento es el costo promedio que tendría una persona. Según el centro de salud de la comunidad el porcentaje de casos atendidos por enfermedades diarreicas agudas del total de consultas en promedio alcanza un 18 % aproximadamente, con esto el promedio para una persona con este malestar debe destinarse un monto económico para su tratamiento médico es 341 Bs y para el 18% de la población se tiene un costo de 27.621 Bs

Según los registros de la Red Municipal de Salud, existe un monitoreo de salud respecto a la mortalidad y morbilidad, algunas veces la misma población no informa del fallecimiento o enfermedades de un niño, perjudicando la medición de impacto de esta variable.

Estos costos se tomarán como ingresos dentro del flujo de caja ya que será un ahorro como efecto en mejora de la salud con la implementación de los biodigestores en la comunidad,

Además, dentro del flujo de caja en la evaluación social, un beneficio de la implementación del biodigestor es el ahorro en la utilización del fertilizante ya que el biol generado de la biodigestión sería un remplazo para utilizarlo en los cultivos, el costo conocido del abono utilizado actualmente es de 400 Bs por beneficiario y sería un costo ahorrado

**Tabla 48 Flujo de caja - Evaluación Social**

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos (ahorro en gastos en salud)		42381	42381	42381	42381	42381
Otros Ingresos (ahorro en compra de fertilizante)		36000	36000	36000	36000	36000
Ahorro en compra de garrafas		24300	24300	24300	24300	24300
Ingresos (venta de Quesos)		280368	280368	280368	280368	280368
<b>1. INGRESOS NETOS</b>		<b>383049</b>	<b>383049</b>	<b>383049</b>	<b>383049</b>	<b>383049</b>
Costo de mano de obra operativa		75.400	75.400	75.400	75.400	75.400
Depreciación biodigestor		0	0	0	0	0
<b>2. COSTO TOTAL</b>		<b>75.399,8</b>	<b>75.399,8</b>	<b>75.399,8</b>	<b>75.399,8</b>	<b>75.399,8</b>
Utilidad antes de impuesto		307.649,3	307.649,3	307.649,3	307.649,3	307.649,3
IUE (25%)		0	0	0	0	0
Utilidad Neta		307.649,3	307.649,3	307.649,3	307.649,3	307.649,3
Depreciación		0	0	0	0	0
Inversión inicial	-734.161					
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-734.160,6</b>	<b>307.649,3</b>	<b>307.649,3</b>	<b>307.649,3</b>	<b>307.649,3</b>	<b>307.649,3</b>

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones

De donde obtenemos los siguientes valores en la evaluación social

VAC (Social)	Bs 358.557,85
--------------	---------------

Del flujo de caja de la evaluación social se puede ver que los beneficios obtenidos de manera social, con la implementación del proyecto monetariamente es mayor a los costos operativos al realizar la recarga del biodigestor, los ingresos en ahorro de costos son mayor al costo invertido en el tiempo empleado en la recarga del biodigestor, esto significa:

Que el proyecto desde el punto de vista social es operativamente viable y rentable por los ahorros que se dan por la mejora de la calidad de vida, previniendo enfermedades que podrían darse por el actual manejo de la bostas, además de ahorro en costo de la compra de biol para la siembra de papa, este ahorro es mayor al costo operativo que invertiría el operario al realizar

la recarga del biodigestor, pero los ingresos solamente no llegan a cubrir la inversión al ser un proyecto de beneficio social, lo que indica que la construcción debe estar a cargo del municipio.

**Tabla 49 Comparación de criterios de evaluación**

<b>Comparación de indicadores respecto a los indicadores de la evaluación social</b>			
VAN	Bs -323.683,10	VAN (Social)	Bs 358.557,85

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones

Para poder realizar una comparación con proyectos referentes a biodigestores no se encontró un parámetro de Ministerio de Desarrollo, pero con la evaluación social realizada se observa que los valores de los criterios de evaluación social considerados son beneficiosos para los beneficiarios, y por tanto para el municipio, si bien el proyecto evaluado como inversión privada nos da valores negativos al evaluarlo socialmente nos brinda un VAN positivo debido a los beneficios que traería el proyecto a nivel social en la comunidad.

Si bien los costos no varían en la adquisición materiales o contrato, el incremento de beneficio indica que el beneficio social que se adquiere con el proyecto, con la compra de materiales nacionales y brindando oportunidades de trabajo a las personas, esta disminución muestra que los beneficios se encuentran repartidos también de manera indirecta por la ejecución del proyecto, además, en esta evaluación social se plantea tres aspectos; la calidad de vida, equidad social y sistema de producción.

**Calidad de vida.**

- Con el proyecto se mejorará la calidad de vida de las familias mediante reducción de problemas de salud al tener una disminución de las enfermedades se tendría un costo ahorrativo de 42.381 Bs de total de la población aproximadamente, también la

reducción de sobrecarga de esfuerzo en mujeres y niños al dejar de preparar sus alimentos con bostas de vaca, además por medio de la disminución de gastos económicos al utilizar el biol generado y no tener la necesidad de comprar el abono que tiene costo de 400 Bs por beneficiario, de esta manera se accederá a los servicios básicos de manera digna.

- Una vez implementado el proyecto se lograría una alternativa de empleo por medio la elaboración de productos en base a leche que no es comercializada o que esta de excedente, mejorando el proceso de elaboración de quesos incrementando de 30 unidades a 40 unidades producidas semanalmente.
- Otro factor de beneficio en la ejecución y operación del proyecto, es que se requerirá mano de obra, es decir se generará empleo, ya que el mismo podrá redituarse ingresos económicos que ayudarán a subsanar situaciones familiares y de esta manera se estaría mejorando el nivel económico de algunas familias.

#### **Equidad social.**

- Los beneficios del proyecto son enteramente sociales orientados a mejorar la calidad de vida accediendo a servicios básicos dignos y mejoras en la salud, ya que va más allá de percibir recursos económicos una vez implementado el proyecto.
- A través de la participación activa de las familias y junto con los representantes de la comunidad y el municipio, busquen trabajar en equipo para identificar y concertar acciones que contribuyan en acciones para acceder a una mejor calidad de vida.

#### **Sistema de producción.**

- La asistencia técnica permitirá mejorar el flujo y sistema de producción, comercialización, como una fuente alternativa de generación de ingresos para las

familias aprovechando el biogás y/o el biol generado por el biodigestor, generando un eficiente desempeño en el proceso para lograr buenos resultados.

- El sistema de producción ecológico, facilitara a las familias el acceso al acceso a energías limpias y renovables además de fertilizantes sanos y amigable con la madre tierra.

Lo cual va de la mano con los objetivos de políticas gubernamentales y nacionales en beneficio del a población, como por ejemplo siguiendo la línea de la agenda patriótica 2025 del estado plurinacional del Bolivia el cual menciona en su pilar numero 10 sobre la integración complementaria de los pueblos con soberanía donde se busca la integración de los pueblos, comunidades así también estados y gobiernos para la cooperación y apoyo en fortalecimiento social, económico, tecnológico, financiero y cultural promoviendo políticas de apoyo para el crecimiento y beneficio mutuo teniendo metas como:

Junto con los países del Sur, Bolivia estableció un mecanismo integral de desarrollo e integración entre los países y pueblos del Sur, que incluye conocimiento, tecnología, energía (incluidas las fuentes renovables), producción de alimentos, inversión, comunicación, salud y educación, entre otras. “Este mecanismo incorpora entidades de apoyo a políticas de desarrollo con identidad y soberanía de los pueblos y Estados, comercio solidario, integración productiva complementaria, formación y capacitación de profesionales y cuadros técnicos, científicos y tecnológicos, fortalecimiento de nuestros movimientos y organizaciones sociales a través del diálogo y hermanamiento de nuestros pueblos con el compromiso de destruir toda forma de dominación imperialista para construir la cultura de la vida y la armonía con la Madre Tierra.”<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Agenda patriótica 2025 del estado plurinacional de Bolivia. (2013).  
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bol141864.pdf>

De acuerdo al análisis precedente, el proyecto socialmente es factible, mismo que tendrá una repercusión positiva en cada una de las familias beneficiarias y consecuentemente en el entorno de la comunidad del municipio.

### **15) Determinación de la sostenibilidad operativa del proyecto.**

El Plan de gestión de sostenibilidad busca que el proyecto genere el menor impacto ambiental posible y que a su vez se genere el mayor beneficio social, cubriendo estas 2 áreas se garantiza una sostenibilidad para la implementación del proyecto y su posterior funcionamiento.

Se busca establecer de manera detallada las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y/o corregir un punto crítico que sería el impacto ambiental negativo causado en el desarrollo de la instalación y puesta en funcionamiento de los biodigestores.

El presente proyecto tiene como objetivos principales, el aprovechamiento del estiércol de ganado vacuno y residuos sólidos para la generación de Biogás y su uso como método de cocción de alimentos, además del mejoramiento de la calidad de vida de la población directamente relacionada, uno de los mayores retos que enfrentamos es el desconocimiento por parte de la población del área rural de los beneficios y la capacidad del aprovechamiento de la tecnología del Biodigestor, Por lo tanto, se debe capacitar a los pobladores para crear conciencia ambiental y cultural para la eliminación adecuada de los desechos que antes se desperdiciaban.

Los mayores riesgos dentro de nuestro proyecto son externos entre los que se encuentran, dificultad de acceso al área de trabajo, la no disponibilidad de materiales, la seguridad en el área cercana. Se busca mitigar la probabilidad de ocurrencia de errores humanos.

- El proyecto es sostenible desde las perspectivas ambiental, económica y social, con la reducción de contaminación en los hogares de las familias, evitando posibles enfermedades por el contacto o la manipulación rudimentaria y generando ahorro en gastos a los que se incurre como producto del sistema de manejo actual.
- La transformación de CO<sub>2</sub> en energía limpia biogás y de los excrementos en fertilizante garantiza una cadena productiva con unos desperdicios de casi 0%
- Los mayores retos del proyecto se concentran en el transporte de las materias primas y la fabricación de los biodigestores.
- El proyecto tiene como sus mayores factores de contaminación los desperdicios tubos de PVC, manguera y algunos productos utilizados al momento del ensamblaje de los biodigestores, sellador para PVC por tanto, debe buscar que esos desperdicios lleguen a 0, aplicando medidas como el rediseño y medición al realizar la fabricación e instalación.
- Al momento de realizar el proceso anaeróbico dentro del tanque de almacenamiento existe el riesgo de contaminación producida por escapes de metano al medio ambiente debido a una producción excesiva de biogás, aunque esto a su vez es una medida de seguridad para evitar posibles explosiones por acumulación de gases.
- El éxito del proyecto en la población de Andamarca donde se aplicará inicialmente puede servir como punto de apoyo para aplicarlo en comunidades de similares características.

**Tabla 50 Estrategias, objetivos, metas e indicadores de sostenibilidad del proyecto**

<b>NOMBRE DE LA ESTRATEGIA</b>	<b>PRINCIPALES ACTIVIDADES</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>META</b>	<b>INDICADOR</b>
Máximo aprovechamiento de los residuos biodegradables además de estiércol animal	Considerar la cantidad de material biodegradable disponible, excremento de animales a transformar	Reducir el desperdicio de desechos biodegradables y excremento animal	Aprovechar los desechos y excremento animal en un 90%	(agua y excremento animal)/biol
Máximo aprovechamiento del biogás durante el proceso	Controlar el proceso anaeróbico el cual no debe permitir escapes	Reducir el desperdicio de biogás	Aprovechar al máximo el biogás producido sin permitir pérdidas	Biogás producido/horas de uso de biogás
Aprovechamiento de los residuos excedentes de la transformación	Secado de los residuos para convertirlos en abono	Reutilización del abono producido en cultivos	Aprovechar residuos como abono orgánico	Abono producido/material inicial utilizado en el proceso

Fuente: Elaboración con base a información recopilada

Es viable la implementación de biodigestores tubulares de bajo costo como una alternativa para la obtención de energía térmica orientada a la cocción de alimentos de las familias de bajos recursos de áreas rurales.



- Los biodigestores son una oportunidad, una herramienta para aportar a un cambio profundo en el manejo de los residuos orgánicos, ya que estos sistemas no sólo tratan estos residuos, y ayudan al reciclaje de nutrientes por medio del uso del fertilizante producido, sino que además ofrecen un aprovechamiento energético por medio de la captura y uso del biogás generado.
- El biogás es una fuente de beneficios económicos, ambientales y sociales, destacando que el biogás puede cubrir un gran porcentaje de las necesidades energéticas de una familia.
- El proyecto satisface los siguientes requerimientos, bajo costo de fabricación, facilidad de construcción, mantenimiento, operación y eficiencia.
- Los indicadores sociales y ambientales del proyecto son positivos. La instalación de los biodigestores como parte de un proyecto de desarrollo rural, permiten una mejora en la calidad de vida de las familias beneficiarias del proyecto, además existe la posibilidad de emprender desarrollos sostenibles en cada uno de los hogares al aprovechar el biofertilizante para su utilización, y/o comercialización.
- La cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente, que los biodigestores permiten reducir es significativa y todo ello se da por el reemplazo de la bosta de vaca y gas de botellón por biogás en la cocción de alimentos.
- Los biodigestores son herramientas útiles para aumentar la independencia energética de las familias.

La idea atractiva de energía limpia y autosustentable por parte del beneficiario es la que busca que la involucrar al beneficiario para apropiarse de la tecnología ya que el buen funcionamiento para la producción de biogás y biol una vez retirados los técnicos o personal

será enteramente del beneficiario, y al tratarse de una idea atractiva para la comunidad se esperan buenos resultados.

Por lo que se garantiza la sostenibilidad del proyecto en la población, con los debidos mantenimientos, y las acciones positivas que tienen para el medio ambiente, medio social y la parte económica para los beneficiarios y la madre tierra.

### 16) Análisis de sensibilidad del proyecto

En el análisis de sensibilidad se correlacionaron los valores del número de habitantes con los costos, ya que al incrementar el número de familiar y beneficiarios los costos tanto de materiales como de mano de obra se incrementarían, así también el costo de los materiales ante posibles hechos de incremento, lo que hace que se convierta en factores importantes de correlacionar con coeficiente de relación positiva del 0.8 (asumido).

Para este analizar la variabilidad de los elementos involucrados se realizara un análisis de sensibilidad multivariable, este análisis de sensibilidad se lo realiza con herramientas estadísticas como lo es Crystal Ball de Excel con el cual obtenemos los siguientes resultados.

**Tabla 51 Suposiciones realizadas en el simulador**

<b>Informe de Crystal Ball: suposiciones</b>		
<b>Prefs ejecución:</b>		
<b>Número de pruebas ejecutadas</b>		10.000
Monte Carlo		
Inicialización aleatoria		
Control de precisión activado		
Nivel de confianza		95,00%
<b>Estadísticas de ejecución:</b>		
Tiempo de ejecución total (seg)		15.31
Pruebas/segundo (promedio)		861
<b>Números aleatorios por segundo</b>		4.306
<b>Datos de Crystal Ball:</b>		

Suposiciones	5
Correlaciones	10
Matrices de correlación	1
VARIABLES DE DECISIÓN	1
Previsiones	1

Fuente: valores obtenidos de aplicación de Cristal Ball en el programa Excel

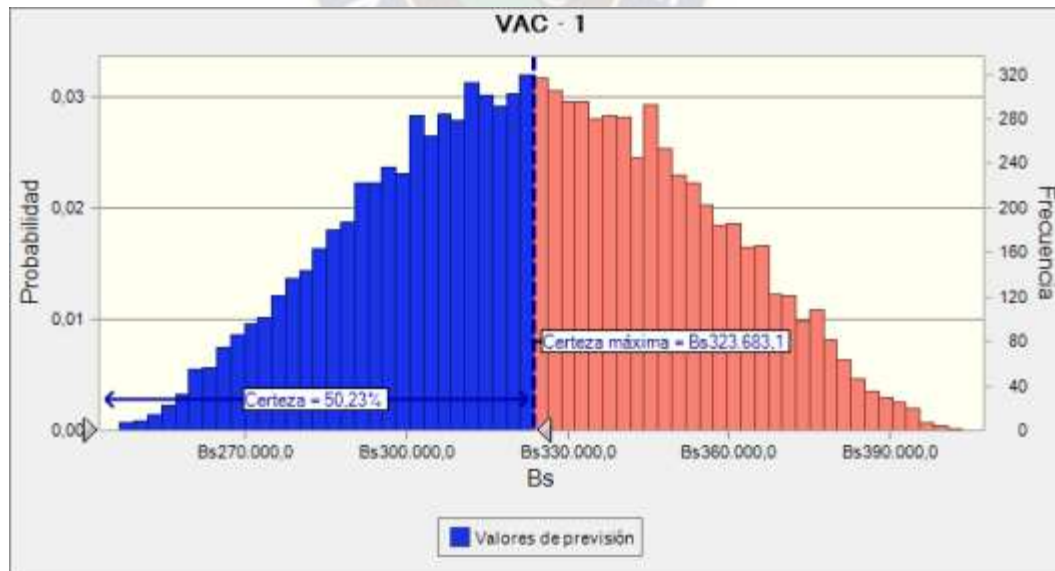
**Tabla 52 Consideraciones para la las pruebas**

Previsiones	
<b>Previsión:</b>	CIP
<b>Resumen:</b>	
El nivel de certeza es	50.23%
El rango de certeza	0,0 a 323.683,1
El rango completo	323.683,1a 489.911,5
El caso base	409.992,6
<b>Después de 10.000 pruebas, el error estándar de la media</b>	<b>Bs 300.1</b>

Fuente: valores obtenidos de aplicación de Cristal Ball en el programa Excel

**Ilustración 20**

*Probabilidad respecto el valor actual de los costos del proyecto*

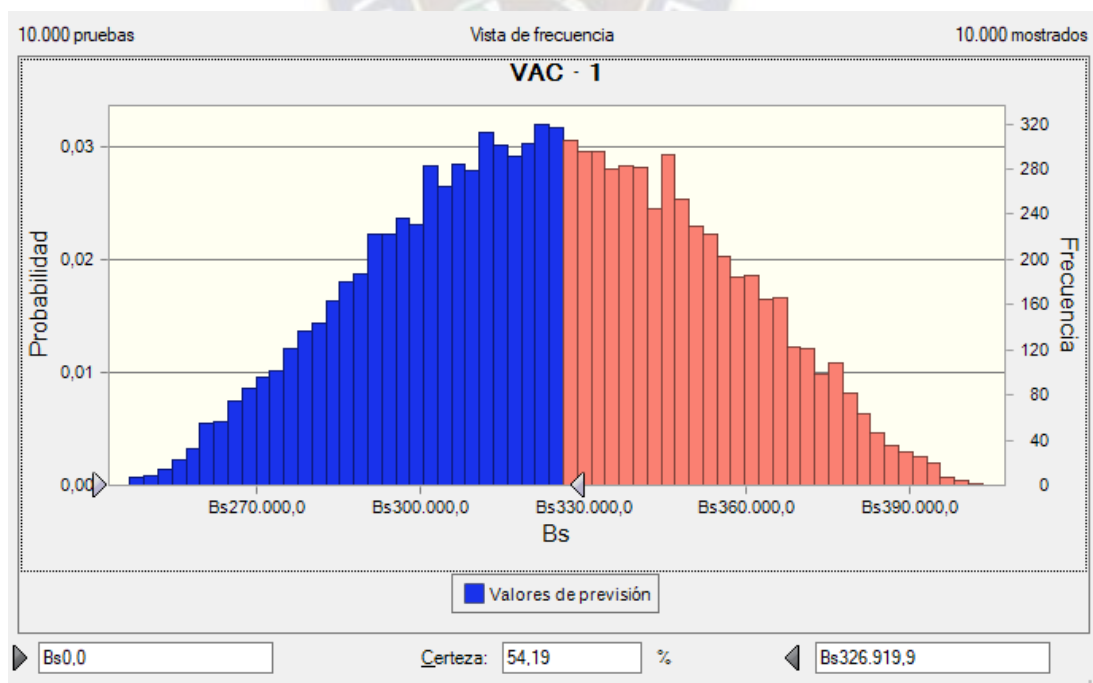


Fuente: valores obtenidos de aplicación de Cristal Ball en el programa Excel

El análisis indica que existe un 50.32% de certeza que el costo en los escenarios supuestos no varié o no sea superior al propuesto de Bs 323.683,1 esto nos da una certeza de confianza en que el financiamiento no varié en la ejecución.

Se realiza también una estimación considerando un incremento del 1% para analizar el comportamiento si con el incremento debido a una posible inflación a la fecha de realización del proyecto, 1% es una cifra simbólica para el caso de análisis ya que la inflación es mayor registrando este año un promedio de 3.1%<sup>28</sup>. Si el proyecto tuviera una variación del 1% más del costo previsto, incrementando de 323.683,1 a 326.919,9 Bs/Beneficiario. según la simulación obtendríamos un 54.19% de probabilidad que el costo no incremente en más de un 1%, Como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

### Ilustración 21 simulación de probabilidad respecto el valor actual de los costos del proyecto



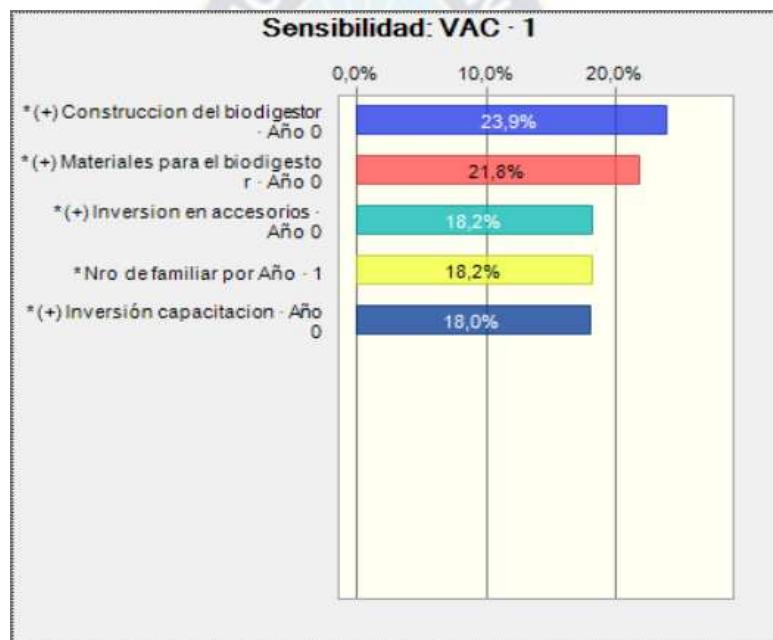
<sup>28</sup> <https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/bolivia#:~:text=La%20tasa%20de%20variaci%C3%B3n%20anual,es%20del%201%2C6%25.>

Fuente: valores obtenidos de aplicación de Cristal Ball en el programa Excel

Esto indica que el costo dentro del proyecto con ligeras variaciones no se vería afectado en gran manera y las probabilidades que los precios no varíen o se alejen del propuesto son altas.

Si bien los costos del proyecto no variarían de manera significativa existe, estos costos tienen un grado de impacto en el costo total y de acuerdo a su impacto tienen mayor o menor relevancia como se muestra la ilustración a continuación.

### **Ilustración 22 *Análisis de sensibilidad***



Fuente: valores obtenidos de aplicación de Cristal Ball en el programa Excel

En el gráfico de análisis de sensibilidad se puede apreciar que existen 2 valores que tienen mayor incidencia en la mano de obra de construcción del biodigestor con el 23.8%, de incidencia en el proyecto, y el costo del proyecto que son el costo de los materiales con el 21.8%, a comparación con las otras, estas son las principales incidencias que se tendrían en el proyecto, y por ende las que se debe cuidar en su variación.

Se puede observar que no existe una incidencia muy elevada en los factores considerados como influyentes, lo que muestra que el proyecto no depende de un solo factor si no, que existe un equilibrio en las áreas de influencia del proyecto lo que lo hace estable.

Cabe mencionar que otro factor que incrementaría el costo de los materiales y la mano de obra sería la inflación la cual en su promedio es de 3.1%<sup>29</sup> para temas relacionados con vivienda en Bolivia, pero al tratarse de un proyecto donde la inversión será en un solo año no llegaría a afectar de manera anual o periódica el proyecto asumiendo este porcentaje una sola vez.

### **17) Estructura de financiamiento por componente.**

El presente proyecto denominado “Estudio técnico de pre inversión para la implementación e instalación de biodigestores familiares para la comunidad de Andamarca del municipio de Guaqui”, pertenece al tipo de proyecto 3 “Apoyo al desarrollo social”.

Este proyecto tiene como propuesta para financiamiento por parte de la municipalidad de Guaqui, ya que el gobierno municipal de esta localidad se encuentra en la posibilidad de sustentar este proyecto ya que cada año se registra un presupuesto de gestión adecuado para la administración municipal, teniendo conocimiento que el presupuesto preliminar de la gestión 2020 alcanzo los Bs. 12.328.891,71<sup>30</sup>, y estos valores tienden a incrementarse debido a la demanda de la población lo que muestra que el presupuesto asignado al municipio podría cubrir las inversión del proyecto para beneficio de los comunarios de Andamarca, pero se debe considerar la posibilidad que los beneficiarios puedan aportar una contraparte para financiar el desarrollo del proyecto en su hogares ya que ellos son los principales interesados.

---

<sup>29</sup> <https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/bolivia#:~:text=La%20tasa%20de%20variaci%C3%B3n%20anual,es%20del%201%2C6%25>.

<sup>30</sup> Sistema de información municipal regionalizado del departamento de La Paz (SEDALP), septiembre 2021, <http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/fichamunicipal.php?mn=38>

Se seleccionó esta entidad en el marco del Programa de desarrollo económico inclusivo y sustentable, apoya a la innovación en el sector productivo, y al Programa de manejo sustentable de recursos naturales y cambio climático. De esta manera, se promueve la implementación de los principios establecidos en la Ley Marco de la Madre Tierra y los lineamientos del Mecanismo Conjunto de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, además de seguir los lineamientos de la agenda patriótica 2025.

### **18) Cronograma de ejecución del proyecto.**

Se tiene un cronograma de actividades propuesto mostrado a continuación.



	1 TRIMESTRE				2 TRIMESTRE				3 TRIMESTRE															
	1ER MES	2DO MES	3ER MES		4TO MES.	5TO MES	6TO MES.		7MO MES	8VO MES	9NO MES													
ACTIVIDAD	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Contratación de la empresa constructora y Adquisición de materiales para construcción de biodigestores	■	■	■	■																				
Capacitaciones para la instalación de biodigestores	■	■	■	■																				
Preparación del terreno (viviendas de familias)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Construcción de biodigestor					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Implementación del sistema de conexión por tuberías					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Preparación del interior de la vivienda para recibir el biogás									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Implantación de biomasa al biodigestor									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Producción anaeróbica de Biogás													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Asistencia técnica en los biodigestores																					■	■	■	■
Actividades post producción																					■	■	■	■
Consumo del biogás por las viviendas													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacitación para mantenimiento																								



## **19) Pliego de especificaciones técnicas.**

Las especificaciones técnicas requeridas, son:

### **PROPÓSITOS Y ALCANCES**

El propósito de estas especificaciones técnicas, es establecer las condiciones técnicas que deben cumplir los **materiales e insumos** ofertada por el proveedor, para la satisfacción del Gobierno Autónomo Municipal de Guaqui.

Estas Especificaciones Técnicas son parte integrante del Contrato para la provisión de la **ADQUISICIÓN DE MATERIALES E INSUMOS** que será adquirida por parte de la empresa constructora

### **CONTROL TÉCNICO Y RECEPCIÓN**

El control técnico y recepción de la **ADQUISICIÓN DE MATERIALES E INSUMOS** será realizado directamente por personal técnico de la **G.A.M. DE GUAQUI y/o AUTORIDADES DE LA COMUNIDAD DE ANDAMARCA**, quienes tendrán la autoridad necesaria para aceptar o rechazar la **ADQUISICIÓN DE MATERIALES E INSUMOS** ofertado por el proveedor.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MATERIALES E INSUMOS

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### BIODIGESTOR

#### POLIETILENO

#### CARACTERÍSTICAS DE POLIETILENO

Ensamblado:	manual
Material:	Plástico
Dimensión (ancho):	2,0 m
Espesor:	300 µm
Cantidad:	90 unidades de 13 metros (1170 m aproximadamente)

El polietileno se caracteriza por ser versátil, permite realizar del cubrimiento del biodigestor, tiene las siguientes características:

- Mide 2 m de ancho
- Estructura de plástico
- Ensamblado por nylon
- Estructura principal resistente.
- Un punto para el enganche al biodigestor.
- Un plástico para moldear el polietileno.

#### CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

- Envuelve al biodigestor para que este lo cubra.
- Excelente resistencia al impacto
- Es sólido, incoloro, translúcido, oscuro
- Utilizado para la creación del reactor en longitud de 11 m
- Utilizado para la creación del reservorio en longitud de 2 m

### **CARACTERÍSTICAS DEL ABONADOR**

- Duración de 5 años
- Ligero.

### **TUBO DESAGÜE DE PVC DE 6”**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA**

Ensamblado: Manual en barras de 1 x 4 m aproximadamente

Material: PVC

Cantidad: 180 metros aproximadamente

Dimensiones: 6 pulgadas de diámetro

El tubo de PVC tiene como objetivo ser la entrada y la salida de biomasa y biol del reactor del biodigestor. Este tendrá las siguientes características:

- Peso específico compuesto 1.43 g/cm<sup>3</sup>
- Peso unitario aproximado 8.71 kg
- Longitud de unidad 4 m
- Protección contra rayos UV dióxido de titanio 4200 kg/m<sup>2</sup>

#### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

Son conexión al biodigestor.

- Grupo de productos de sanitario.
- Permite la circulación de biomasa antes y después del biodigestor.

## **LIGA DE GOMA**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA LIGA DE GOMA**

Ensamblado:	Manual
Material:	Goma
Cantidad:	5400 m o superior.
Dimensiones ancho:	5 cm aprox

La liga de goma tiene como objetivo cerrar la entrada y la salida del biodigestor.

Este tendrá las siguientes características:

- Presión de trabajo 60 PSI.

### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

- Se colocan las ligas debido a que esto sujetara la conexión de la tubería al biodigestor.
- También tendrá un funcionamiento al lado contrario del biodigestor, este deberá forzarlo a cierre.

## **TUBERÍA PVC ½”**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA PVC ½”**

- Diámetro nominal en mm: 21 mm.
- Diámetro interior promedio: 16.6 mm.
- Diámetro exterior promedio: 21.34 mm (0.840").
- Espesor de pared mínimo: 1.57 mm (0.062").
- Cantidad: 2375 m o superior.

- Material: Poli Cloruro de Vinilo (PVC).
- Peso metro: 0.2 kg. Aproximadamente
- Presión de trabajo a 23 °C: 2.205 Mpa (315 Psi - 22.15 kg/cm<sup>2</sup>)
- Presión de trabajo a 23 °C: 3.5 Mpa (500 Psi - 35.15 kg/cm<sup>2</sup>)

### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

El funcionamiento de la tubería pertenece primeramente al transporte del biogás, hasta su lugar objetivo.



### **NIPLE PVC ½”**

#### **CARACTERÍSTICAS DE REQUERIMIENTO DEL NIPLE:**

- Diámetro nominal : 15 mm (½")
- Niple : PVC astm 1784
- Cantidad: 180 piezas o superior.
- Presión de trabajo : 1,0 mpa (10 kgf/cm<sup>2</sup>)
- Presión hidrostática de prueba: 1,6 mpa (16 kgf/cm<sup>2</sup>)
- Resistencia al torque en la rosca: 2 kg-m.

#### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

- Utilizado para empalmar tuberías del mismo o diferente diámetro.
- Es una pieza cilíndrica con rosca en sus extremos (normalmente machos) y que sirve para empalmar dos tuberías de igual o distinto diámetro

## FLANGE ADAPTADOR PVC ½"

### CARACTERÍSTICAS DE REQUERIMIENTO DEL FLANGE ADAPTADOR:

- Diámetro nominal: 15 mm (½")
- Tipo de material Flange: PVC
- Cantidad: 180 piezas o superior.
- Dimensiones de conexión: ISO 7005, EN 1092, BS 4504, DIN 2501
- Máximo 45°C (o temperatura ambiente)

### CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

- Es un elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.
- Las bridas son aquellos elementos de la línea de tuberías, destinados a permitir la unión de las partes que conforman esta instalación, ya sean tubería, válvulas, bombas u otro equipo que forme parte de estas instalaciones.

## CODO DE PVC

### CARACTERÍSTICAS Del CODO DE PVC DE ½"

Material: PVC

Nº de Medida: ½ pulgada o superior

Unidades por biodigestor: 4 piezas – 360 piezas o superior.

El codo se caracteriza por ser una parte fundamental para la construcción del biodigestor está en las uniones de las tuberías con quemador.

- Mide ½ plg.
- Estructura de PVC.

### **TEE DE PVC**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LA TEE DE PVC DE 1/2**

Material: PVC

Nº de Medida: ½ pulgada o superior.

Unidades por biodigestor: 2 piezas – 270 unidades o superior.

La Tee se caracteriza por ser una parte fundamental para la construcción del biodigestor está en las uniones de las tuberías con el teflón.

- Mide ½ plg.
- Estructura de PVC.

### **LLAVE DE BOLA DE PVC**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LLAVE DE BOLA DE PVC DE ½ “PATENTADA”**

Material: PVC

Nº de Medida: ½ pulgada o superior.

Unidades por biodigestor: 3 piezas – 270 unidades o superior.

Las llaves de bola se caracterizan por dar paso a la conducción del biogás en una primera instancia con el teflón , luego por el quemador y finalmente con la conexión de la cocina.

- Mide ½ plg.
- Estructura de PVC.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### TAPÓN DE PVC

#### CARACTERÍSTICAS DEL TAPÓN PVC DE ½"

- Material: PVC
- Medida: ½"
- Color: claro
- diámetro nominal: ½" (13mm) aproximadamente
- presión máxima 23°C: 42 kgf/cm<sup>2</sup>
- presión máxima 23°C: 42 kgf/cm<sup>2</sup>
- cantidad: 90 unidades o superior

#### CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Fabricado de PVC (Poli cloruro de vinilo), resistente a la corrosión, oxidación e incrustaciones y a fracturas por impacto

No contamina los fluidos que transporta y no genera par galvánico

### COCINA

- Dimensiones 60 x 30 cm aproximadamente
- Nro de quemadores 2
- Material. Acero con manguera de goma
- Cantidad 90 aproximadamente

#### CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

El quemador es el elemento encargado de mezclar el combustible (biogás) con el aire para que salte la llama que inicia la combustión.



### **PALAS MULTIUSO**

- Mango de 71 cm o superior
- Peso 2 a 3 kg.
- ANCHO DE HOJA 9 1/2"
- DUREZA 43 a 47 HRc
- Material de mango Madera
- Material de hoja acero alto carbono
- LONGITUD MANGO 30"
- Tipo de mango Ergonómico con empuñadura en "D"
- Calibre 16
- Dimensiones (ancho, largo, alto) 102.00 x 21.00 x 10.00
- Cantidad: 90 unidades aproximadamente

#### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

La pala multiuso servirá para realizar la recolección de las bostas de vaca para la carga diaria del biodigestor.

### **CARPA SOLAR**

#### **CARACTERÍSTICAS DE NYLON DE POLIETILENO**

Ensamblado:	manual
Material:	Plástico
Espesor:	200 µm
Cantidad:	90 unidades de 7 metros (630 m aproximadamente)

### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

- Este material será para formar la carpa solar en forma de techo que cubrirá al reactor del biodigestor.
- El material de polietileno servirá para crear el efecto invernadero dentro del ambiente que contiene el biodigestor creando condiciones adecuadas de temperatura para una mejor degradación de la biomasa

### **VIGAS DE MADERA**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LAS VIGAS DE MADERA**

Ensamblado:	manual
Material:	Madera
dimensiones:	3 x 3 pulgadas

#### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

- Serán el soporte para la carpa solar evitando se pandee y tenga una resistencia a lluvias o inclemencias del clima, además que servirá como armazón protector para el reactor de digestión.

### **INFORMACIÓN TÉCNICA:**

Los proponentes deberán adjuntar información técnica suficiente y necesaria para la correcta consideración de la oferta presentada en catálogos y folletos con especificaciones técnicas de la maquinaria.

### **PROPUESTAS ALTERNATIVAS:**

Los proponentes deben considerar que no se aceptan propuestas alternativas.

### **GARANTÍA DE FÁBRICA:**

El Gobierno Autónomo Municipal de Guaqui, requiere como mínimo un periodo de garantía de fábrica de 6 (Seis) meses, a partir de la entrega de materiales de construcción. El proveedor deberá garantizar la buena calidad de la **ADQUISICIÓN DE MATERIALES E INSUMOS** ofertada. En caso de encontrarse algún defecto en los materiales las partes defectuosas deberán ser reemplazadas (según el caso lo amerite).

### **INSPECCIÓN O PRUEBAS (PREVIA A LA RECEPCIÓN):**

- Inspección visual en general
- Pruebas de funcionamiento

### **MANUALES:**

Manual de datos técnicos que deberán estar traducidos en español, si ameritara algún material.

### **FORMA DE ADJUDICACIÓN**

La forma de adjudicación será por el total requerido según **CALIDAD, PROPUESTA TÉCNICA Y COSTO.**

### **PLAZO Y FORMA DE PAGO:**

El proveedor deberá entregar los materiales e insumos en un plazo acorde con la empresa constructora la principal encarga de los materiales a firma de contrato.

Se propone el pago se efectuará según las normas que rigen al Gobierno Autónomo Municipal de Guaqui en un primer desembolso de 40% a la adquisición de los materiales e insumos previa presentación de todos los documentos concernientes a la maquinaria. El segundo desembolso de 40% al correcto funcionamiento de los materiales e insumos en prueba de campo del proyecto y el tercer desembolso 20% una vez dado la conformidad.

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PERSONAL CLAVE</b>	
<b>PERSONAL CLAVE</b>	<b>REQUISITOS</b>
Empresa constructora	<p>Empresa consolidada con referencias de trabajos anteriores, registro NIT demostrando su legalidad y aporte al estado.</p> <p><b>Experiencia General</b> mínima de cuatro (1) años en experiencia laboral de construcción e instalaciones.</p> <p>Entidad que cuente con herramientas propias de construcción para la instalación de los biodigestores, las condiciones previas y la adecuación de biodigestor a los hogares de los beneficiarios.</p>
<p>El personal propuesto deberá participar durante el desarrollo de la consultoría hasta el cierre técnico administrativo, debiendo estar presente durante las actividades de socialización y presentación del proyecto (a requerimiento del contratante).</p>	
<b>PERSONAL ADICIONAL</b>	<b>REQUISITOS</b>
Maestro Constructor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el maestro que realiza distintos tipos de tareas, todas relacionadas con la preparación y colocación de tabiques, excavación e instalación de tubos de conducción, para ello utiliza distintos materiales tales como adobe, tuberías, manejo de guías de agua, etc.</li> </ul>

Ayudante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De ser necesario su contratación este debe realizar trabajos relacionados con el apoyo al albañil en la construcción y reparación de suelos y otras estructuras, para el proyecto.</li> </ul>
----------	--

## 20) Conclusiones y recomendaciones

Las inversiones y acciones establecidas en el proyecto, se basan en la gestión e implementación integral de los componentes para alcanzar los resultados y lograr el objetivo de mejorar la seguridad la calidad de vida para el vivir bien de las familias en condición de mayor vulnerabilidad de la comunidad de Andamarca del municipio de Guaqui.

El financiamiento del proyecto involucra la gestión compartida de inversiones del Gobierno Autónomo Municipal de Guaqui y si fuera necesario las familias beneficiarias previo acuerdo entre las autoridades.

De acuerdo a la evaluación socioeconómica basada en el análisis valor actual neto como indicador, los resultados obtenidos muestran que el proyecto es viable ya que el VAN social es de Bs 358.557,85, y una relación beneficio costo 5.08 al primer año de implementación, lo cual demuestra que los beneficios sociales son superiores al mejorar la calidad de vida de los pobladores de la comunidad.

En ese sentido se recomienda ***Ejecutar o materializar el Proyecto.***

### Bibliografía

- Castro, T. (2019). Diseño de biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol.  
Extraído de  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5492/TESIS%20JOSE%20TAIPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez C. (2017), Biodigestores como Fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida en comunidades rurales de Colombia. extraído de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/787/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20FINAL.pdf>
- Perez A. (2010), estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros, extraído de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cf-perez\\_jm.pdf?sequence=3](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cf-perez_jm.pdf?sequence=3)
- Botero R.B., Preston T.R., 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas: Manual para su instalación, operación y utilización. Cali, Colombia, extraído de <http://www.utafoundation.org/publications/botero%26preston.pdf>
- Hivos, 2012. Manual de Capacitación para la Construcción de Plantas de Biogás CAMARTEC modificada (Borrador traducción al castellano manual de Tanzania elaborado por SNV).
- Martí-Herrero J., 2008. Biodigestores Familiares. Guía de diseño y manual de instalación. La Paz, Bolivia, Cooperación Técnica Alemana-GTZ. ISBN: 978-99954-0-339-3. 2008.
- Martí-Herrero J., 2007. Transferencia de tecnología de biodigestores plásticos de bajo costo a domicilio nivel en Bolivia. Investigación ganadera para el desarrollo rural extraído de <http://www.lrrd.org/lrrd19/12/mart19192.htm>.

- Martí-Herrero J., 2008. Biodigestores Familiares. Guía de diseño y manual de instalación. La Paz, Bolivia, Cooperación Técnica Alemana-GTZ. ISBN: 978-99954-0-339-3. 2008. extraído de <http://books.google.es/books?id=TsbrdcmKGKoC>.
- Gobierno autónomo municipal de Guaqui, Plan territorial de desarrollo integral (2016 – 2020), <http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/municipioptdi.php?mn=38>
- Gobierno municipal de Guaqui, Plan de desarrollo municipal PDM 2008 – 2012, extraído de [http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM\\_S/02\\_LA%20PAZ/020802%20-%20Guaqui.pdf](http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM_S/02_LA%20PAZ/020802%20-%20Guaqui.pdf)
- RINFI, Facultad de ingeniería, UNMDP, “Diseño de una planta de producción de biogás”, Mar del Plata,(2019). extraído de <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/345/ADiaz-TFG-IQ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Machorro, Mendez. (2011), Manual técnico “Experiencia de construcción y uso de biodigestores para producción energética en Copan y Lempira”, Hosduras.
- Miranda Miranda, J. J, (2005), “Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera –económica –social –ambiental” 5ª. ed. Bogotá. MM editores.
- SapagChainN., SapagChainR.,(2000), “Preparación y Evaluación de Proyectos”. McGraw-Hill.
- Carrillo, Vega, Navas. (2019) “Formulación y evaluación de proyectos de inversión”, imprenta digital, 1ra edición. Ecuador, extraído de [https://www.researchgate.net/profile/VladimirVega/publication/343106204\\_Libro\\_F](https://www.researchgate.net/profile/VladimirVega/publication/343106204_Libro_F)

ormulacion\_y\_Evaluacion\_de\_Proyectos\_de\_Inversion/links/5f16f9e5a6fdcc9626a4451c/Libro-Formulacion-y-Evaluacion-de-Proyectos-de-Inversion.pdf

- Ministerio de medio ambiente y agua, Fonabosque “Guia para la preparación y evaluación de proyectos tipología III, Bolivia. extraído de [https://www.fonabosque.gob.bo/wp-content/uploads/2021/05/1.-GUIA-PARA-FORMULAR-EDTP\\_TIPOLOGIA-III\\_FONABOSQUE.pdf](https://www.fonabosque.gob.bo/wp-content/uploads/2021/05/1.-GUIA-PARA-FORMULAR-EDTP_TIPOLOGIA-III_FONABOSQUE.pdf)
- Reglamento básico de pre inversión (12 de mayo de 2015), Resolución ministerial 115.
- Agenda patriótica 2025 del estado plurinacional de Bolivia. (2013). extraído de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bol141864.pdf>



# ANEXOS

**FORMULARIO DE NIVEL DE CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL**

(\*) Campos obligatorios **Reemplace o borre el texto con este formato resaltado**

1) DATOS DEL REPRESENTANTE LEGAL(RL)		
(*) Nombres y Apellidos: Nombre completo	(*) Tipo de Documento: C.I.: N° de documento	(*) Expedido: Lugar exp.
(*) Domicilio Legal: Calle/Av..., N°...,Edif. ... , Piso... , Of..., Zona...		
N° Teléfono fijo: N° teléfono fijo	(*) N° Celular: N° celular	(*) Correo Electrónico: Dirección correo electrónico
Testimonio Público que avala ser RL: <b>(Cuando corresponda)</b> Tipo de Testimonio Nro.... de fecha ...		
2) DATOS DEL CONSULTOR AMBIENTAL		
(*) Nombres y Apellidos: Nombre completo	(*) Tipo de Documento: Seleccione Tipo N° de documento	(*) Expedido: Lugar exp.
(*) Domicilio Legal: Calle/Av..., N°...,Edif. ... , Piso... , Of..., Zona...		
N° Teléfono fijo: N° teléfono fijo	(*) N° Celular: N° celular	(*) Correo Electrónico: Dirección correo electrónico
(*)Registro RENCA: N° RENCA vigente	(*)Fecha de emisión: de último certificado Elija Fecha	
Adjuntar copia digital del certificado RENCA		
3) DATOS DE LA EMPRESA		
(*)Razón Social: Denominación de la empresa/cooperativa		(*)Sector: Elija un sector.
(*) Domicilio Legal: (A objeto de notificación) Departamento, Ciudad, Calle/Av..., N°...,Edif. ... , Piso... , Of..., Zona...		

<b>N° de registro de FUNDEMPRESA:</b> N° de matrícula de comercio	<b>Fecha de Reg.:</b> Elija Fecha	<b>(*) N° de NIT:</b> N° de NIT
<b>N° de registro de AFCOOP: (en caso de cooperativas)</b> N° de AFCOOP	<b>Fecha de Reg.:</b> Elija Fecha	

**(\*) Departamento/Ciudad:**

Departamento, municipio y/o ciudad

**No Teléfono fijo:**

N° teléfono fijo y Fax (si tiene)

**(\*) Correo Electrónico:**

Dirección correo electrónico

#### 4) IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

**(\*) Nombre del proyecto:**

Nombre Completo de la Actividad, Obra y/o Proyecto

**(\*) Ubicación Política del Proyecto:**

Llenar la siguiente tabla:

N°	Departamento	Provincia	Municipio	Comunidad
1	<i>Elija un elemento.</i>	Nombre Provincia	Nombre Municipio	Comunidad
2	<i>Elija un elemento.</i>	Nombre Provincia	Nombre Municipio	Comunidad
3	<i>Elija un elemento.</i>	Nombre Provincia	Nombre Municipio	Comunidad
4	<i>Elija un elemento.</i>	Nombre Provincia	Nombre Municipio	Comunidad
....	De ser necesario copie/inserte más filas			

**(\*) Ubicación geográfica en UTM:**

Formato para presentar coordenadas UTM (proyección WGS-84)

N°	Descripción	X	Y	Zona
1				Elija la Zona
2				Elija la Zona
3				Elija la Zona
4				Elija la Zona
....	De ser necesario copie/inserte más filas			

Formato para presentar Coordenadas Geográficas (Grados Decimales) (proyección WGS-84)

- (opcional) Ubicación geográfica en coordenadas geográficas (Grados Decimales)

N°	Descripción	Latitud	Longitud
1		-	-
2		-	-
3		-	-
4		-	-
....	De ser necesario copie/inserte más filas		

(\*) Superficie Ocupada por el Proyecto:

Superficie y unidad de medida

Uso de Suelo	Actual:	Potencial:
	Uso de suelo actual según certificado emitido	Uso de suelo potencial según certificado emitido

### 5) IDENTIFICACION DEL PROYECTO

(\*) Sector:

Elija Sector

(\*) Sub Sector:

Elija el Subsector

(\*) Ámbito del proyecto:

Seleccione 1 de las opciones →

Urbano     Rural

(\*) Pertenece a un área:

Seleccione las opciones correspondientes →

Protegida *Elija tipo*

Nombre del AP (Si corresponde)

T.I.O.C.

Nombre del T.I.O.C. (Si corresponde)

Otro

Tierra Fiscal  
Predio Privado  
Otro (especificar)

(\*) Actividad Específica:

Describa la actividad específica de la Actividad, Obra y/o Proyecto

(\*) Objetivo General del Proyecto:

Describa el Objetivo General de la Actividad, Obra y/o Proyecto

(\*) Vida Útil Estimada del Proyecto:

Especifique la vida útil estimada de la AOP en años, meses y/o días

<b>(*) Etapa(s) del Proyecto</b> <b>Seleccione las etapas correspondientes ↓</b>		
Exploración <input type="checkbox"/>	Ejecución <input type="checkbox"/>	Operación <input type="checkbox"/>
Mantenimiento <input type="checkbox"/>	Abandono <input type="checkbox"/>	
<b>(*) Nivel de Categoría de Acuerdo a la Lista</b>		<i>Categoría 1: EEIA-AI</i>
<b>Inversión del Proyecto:</b>		
Monto de inversión de la AOP, expresado en Bs. NNN <sup>nn</sup> /100 Bolivianos (monto literal)		
Monto de inversión de la AOP, expresado en \$U\$. NNN <sup>nn</sup> /100 \$U\$ (monto literal)		
<b>Fuentes de Financiamiento:</b>		
Describa la fuentes de financiamiento de la Actividad, Obra y/o Proyecto		
<b>6) DECLARACIÓN JURADA Y FIRMA</b>		
<p>Yo <b>Nombre del Representante Legal</b> con C.I.: N° <b>N° del documento</b> en calidad de Representante Legal para el <b>Denominación de la AOP (Nombre del proyecto punto 4)</b> juro la exactitud y veracidad de la información detallada en el presente documento, y me comprometo a no realizar actividades diferentes a las señaladas en el presente formulario, a cumplir con las normas consignadas en la Ley N° 1333 de Medio Ambiente, sus reglamentos, disposiciones conexas y normas técnicas aplicables a mi actividad y reparar los daños que pudieran producirse como resultado de mi actividad.</p> <p>Firmas:</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Nombre del RL</b> REPRESENTANTE LEGAL</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Nombre del Consultor RENCA</b> RESPONSABLE TÉCNICO</p> <p>Lugar y fecha: <b>Departamento</b>, <b>día</b> de <b>mes</b> de <b>año</b></p>		

Anexo 2: Proforma de cotización realizada para el proyecto

**CONSTRUCTORA**  
**C.G.M.Q.**

NIT.8281397017  
N.M.C. 0044719

Sr.: *Miguel Angel Limcahi Ramirez*

DIRECCIÓN: *Comunidad de Andamarca*

FECHA: *28/09/22 (fecha de actualización de proforma)*

**PROFORMA**

**DETALLE DE TRABAJOS A REALIZAR.**

CANTIDAD	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2	Construcción de muro tabique (adobe 20 x 30 x 10 cm)	5.5m x 1.10m. 5.5m x 0.70m.	120bs m2	1.188 Bs
1	Excavación de zanja con retroexcavadora y o manual para.	Contenedor de polietileno tubular 0.90m x 1m x 5m.	180bs m3	810Bs
1	Instalación de contenedor.	Polietileno de 300 micrones color negro humo.	40Bs MI	200 Bs
1	Instalación de tubería.	Total.	190pto	1.330 Bs
6	Instalación de vigas de madera.	3plg x 3plg.	150bs m2	650Bs
1	Instalación de carpa solar.	Nylon polietileno de 200 micrones con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grapas galvanizadas</li> <li>• Pistola neumática</li> </ul>	80Bs m2	640Bs
2	Replanteo de obra	Total	50Bs	700Bs
Costo aproximado según requerimiento.				Bs 5.418Bs

### MATERIALES NECESARIOS

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Adobe	370 Unidades	1,5 Bs	555Bs
Tuberías de PVC de ½ plg	5 barras	55 Bs	275 BS
Flange de ½ plg PVC	2 unidades	40Bs	80Bs
Codos PVC ½ plg.	4 unidades	7 Bs	28 Bs
Niple PVC ½ plg.	2 unidades	7 Bs	14 Bs
Tee PVC ½ plg.	3 unidades	7 Bs	21 Bs
Teflón.	3 unidades	3 Bs	9 Bs
Tubería PVC de 6 plg.	1barra	87 Bs	87 Bs
Liga de neumático.	60 m	8Bs	480 Bs
Polietileno tubular de 300µm	13 m	57	741 Bs
Carpa solar	7m	40 Bs	280 Bs
Vigas de madera 3x3plg	6 unidades	83 Bs	498 Bs
Llave de bola	3 unidades	90 Bs	270 Bs
Transporte	1	180 Bs	180 Bs
<b>Total</b>			<b>3,518 Bs</b>

### MATERIALES PARA CAPACITACIÓN

MATERIAL	CANTIDAD	P.U	TOTAL
CUADERNOS	8 DOCENAS	5 Bs	480 Bs
BOLÍGRAFOS	8 DOCENAS	1 Bs	96Bs
MARCADOR DE AGUA	2 DOCENA	6 Bs	144Bs
PIZARRA ACRILICA	1 U	.....	.....
PROYECTOR	1 U	.....	.....
LAPTOP	1 U	.....	.....
<b>TOTAL</b>			<b>720 Bs</b>

Cada beneficiario deberá portar un cuaderno y un bolígrafo en cada una de las sesiones, la presente lista es solo para referencia de costo de los mismos en caso de requerimiento

**ORDEN DE SESIONES INFORMATIVAS Y DE CAPACITACIÓN.**

Sesiones por día.	Orden de sesiones.	Horas por grupo.	Grupos	Días
1ra SESION	Presentación de proyecto e información.	3	2	A coordinar
2da SESION	Avance de proyecto y capacitación	3	2	
3ra SESION	Conclusión y demostración del buen funcionamiento del BIODIGESTOR.	3	2	

**NOTA:**

La empresa dentro de sus funciones brindara 3 sesiones informativas y de capacitación del producto (BIODIGESTOR) de manera gratuita. Si el contratante requiere más de la cantidad mencionada se aplicara un costo extra de 350 Bs (trescientos cincuenta 00/100 Bs) por sesión, Cada una de las sesiones están prestos a coordinar en día y hora con la parte interesada.

**COSTO UNITARIO POR MANO DE OBRA VENDIDA TOTAL 9,656 BS (Nueve mil seiscientos cincuenta y seis 00/100 Bs).**

**Tiempo de valides 20 días hábiles.**

- TIEMPO DE ENTREGA POR UNIDAD 5 DÍAS HÁBILES.
- CAPACIDAD DE CONSTRUCCIÓN 4 UNIDADES POR SEMANA

**PD.**

**EN TODOS LOS COSTOS SE INCLUYEN COSTO POR FACTURACIÓN Y TRANSPORTE.**

Carlos Galindo Marín Quispe  
 C.I. 8281397  
 Cel. : 65624080



**Nombre:** Miguel Angel Limachi Ramirez

**Correo:** angellimachiramirez@gmail.com

**Cel.:** 60525448



MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



2023-TTES-1335-D-2

DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-3233/2023 La Paz, 30 de Octubre del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha 23 de Octubre del 2023, por MIGUEL ANGEL LIMACHI RAMIREZ con C.I. N° 6121140 LP., con número de trámite DA 1734/2023, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: "ESTUDIO TÉCNICO DE PREINVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE BIODIGESTORES FAMILIARES PARA LA COMUNIDAD DE ANDAMARCA DEL MUNICIPIO DE GUAQUI", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma descentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios".



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina - La Paz Av. Morón, N° 515, entre Esq. Uruguay y C. Batallón Wilmaní. Telfs.: 2195700 2195276 - 2195251

Oficina - Santa Cruz Av. Uruguay, Calle prolongación Quijarro, N° 29, Edif. Bicentenario. Telfs.: 310752 - 72042936

Oficina - Cochabamba Calle Bolívar, N° 737, entre 16 de Julio y Arceana. Telfs.: 4414403 - 72042957

Oficina - El Alto Av. Juan Pablo II, N° 2550 Edif. Multicentro El Ceibo Ltda. Piso 2, Of. 5B, Zona 16 de Julio. Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Ortopiscata Calle Kilómetro 7, N° 366 casi esq. Urriolagoitia, Zona Parque Bolívar. Telf.: 72009873

Oficina - Tarija Av. La Paz, entre Calles Ciro Trigo y Avaroa Edif. Santa Clara, N° 213. Telf.: 72005186

Oficina - Oruro Calle 6 de Octubre N° 5837 entre Ayacucho y Junín, Galería Central, Of. 14. Telf.: 62021288

Oficina - Potosí Av. Villazón entre calles Wenceslao Alba y San Alberto, Edif. AM, Salinas N° 262, Primer Piso, Of. 17. Telf.: 72028160

www.senapi.gob.bo

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"ESTUDIO TÉCNICO DE PREINVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE BIODIGESTORES FAMILIARES PARA LA COMUNIDAD DE ANDAMARCA DEL MUNICIPIO DE GUAQUI"**, a favor del autor y titular: **MIGUEL ANGEL LIMACHI RAMIREZ** con C.I. Nº **6121140 LP.**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo  
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/mxq  
c.c. Arch.



**"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"**

Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, Nº 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Telfs.: 2195700  
2195276 - 2195251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
Nº 29, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, Nº 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 4114103 - 72062957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, Nº 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Tda. Piso 2, Of. 5B,  
Zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2141001 - 72063029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, Nº 366-  
casi esq. Urmilagotia,  
Zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72009873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Callees Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, Nº 243.  
Telf.: 72019286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre Nº 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 14.  
Telf.: 67202888

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas Nº 262,  
Primer Piso, Of. 17.  
Telf.: 72028160

[www.senapi.gob.bo](http://www.senapi.gob.bo)