DIVULGACIÓN SIMULTÁNEA

Documento del Banco Interamericano De Desarrollo

**Bolivia**

**Programa de Agua y Saneamiento para Ciudades Intermedias y Menores**

**(BO-L1184)**

**Análisis Socioeconómico**

**Setiembre de 2017**

El presente documento fue preparado por María Julia Bocco con insumos del consultor Hugo Roche.

El presente documento se divulga al público de forma simultánea a su distribución al Directorio Ejecutivo del Banco. El Directorio Ejecutivo podrá aprobar o no el documento o aprobarlo con modificaciones. Si posteriormente fuera objeto de actualizaciones, el documento actualizado se pondrá a disposición del público de acuerdo con la Política de Acceso a Información del Banco.

Tabla de contenido

[1. OBJETIVOS Y ANTECEDENTES 3](#_Toc492654812)

[2. MUESTRA DE PROYECTOS SELECCIONADA PARA EL ANALISIS SOCIO-ECONOMICO 3](#_Toc492654813)

[3. PROYECTOS DE AGUA POTABLE 4](#_Toc492654814)

[4. PROYECTOS DE SANEAMIENTO 14](#_Toc492654815)

[4.1. Tipología de Proyectos 14](#_Toc492654816)

[4.2. Metodología general de evaluación 16](#_Toc492654817)

[4.3. Beneficiarios y Beneficios 16](#_Toc492654818)

[4.3.1. Soluciones individuales (Baño Ecológico Seco) 16](#_Toc492654819)

[4.3.2. Redes de alcantarillado y PTAR 19](#_Toc492654820)

[4.4. Inversiones y Otros Costos 23](#_Toc492654821)

[4.4.1. Soluciones individuales (Baños Ecológico Seco) 23](#_Toc492654822)

[4.4.2. Redes de alcantarillado y PTAR 24](#_Toc492654823)

[4.5. Resultados de Rentabilidad 25](#_Toc492654824)

[4.5.1. Soluciones de saneamiento individuales 25](#_Toc492654825)

[4.5.2. Proyectos de Redes de alcantarillado y PTAR 26](#_Toc492654826)

[4.6. Análisis de Sensibilidad 26](#_Toc492654827)

[4.6.1. Soluciones de saneamiento individuales 26](#_Toc492654828)

[4.6.2. Redes de alcantarillado y PTAR 27](#_Toc492654829)

[5. ANALISIS DE LAS TARIFAS Y LOS INGRESOS FAMILIARES 28](#_Toc492654830)

# OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

El objetivo del presente Anexo Socioeconómico es presentar la metodología, supuestos y los resultados del análisis económico ex-ante de una muestra de proyectos de agua potable y saneamiento del Programa de Agua Potable y Saneamiento para Ciudades Intermedias y Menores.

Este documento presenta los resultados obtenidos del análisis Costo-Beneficio económico de 5 proyectos de agua potable y de saneamiento independiente para comunidades de menos de 2.000 habitantes, y de 6 proyectos de saneamiento y planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de agua potable en localidades con población de más de 2.000 habitantes.

La información técnica de los proyectos fue suministrada por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). La información socioeconómica fue relevada de fuente de datos secundarios oficiales en Bolivia (INE y MMAyA) y de la encuesta específica realizada por IPSOS a una muestra de 1050 familias durante los meses de julio y agosto de 2017. La muestra de la encuesta socioeconómica estuvo segmentada en tres tipos de cuestionarios: (i) agua y soluciones de saneamiento independiente para familias residentes en localidades pequeñas; (ii) agua y saneamiento por sistema de red pública de alcantarillado y (iii) PTAR.

El análisis económico ex – ante de los proyectos de la muestra se realizó mediante el análisis Costo-Beneficio económico de los mismos. En el caso de los proyectos de agua potable, el enfoque contempla como principal beneficio económico el incremento del excedente del consumidor asociado al incremento del consumo y al ahorro de recursos comparando la situación “con proyecto” y la situación “sin proyecto”. En este caso se empleó el programa SIMOP. En el caso de los proyectos de saneamiento se empleó el enfoque de Disposición a Pagar (DAP) por la conexión a la red de alcantarillado y disponer de un sistema con PTAR (localidades con más de 2000 habitantes) o por disponer de Baños Ecológicos Secos (BES) (en el caso de las pequeñas localidades). La estimación de la DAP por la mejora de servicios de saneamiento se realizó a partir del enfoque de Valuación Contingente (VC) y del análisis econométrico de los datos de la Encuesta IPSOS 2017.

# MUESTRA DE PROYECTOS SELECCIONADA PARA EL ANALISIS SOCIO-ECONOMICO

De acuerdo a los objetivos y alcances del programa, se identificaron un total de 19 proyectos para la muestra a ser evaluada con un enfoque socioeconómico: (i) 6 proyectos de agua y 4 de saneamiento independiente en el segmento de localidades con menos de 2000 habitantes; y (ii) 3 proyectos de sistema de agua potable y 6 de saneamiento de red de alcantarillado y PTAR en localidades con más de 2.000 habitantes.

**Cuadro 1**

**Muestra de proyectos evaluados**



# PROYECTOS DE AGUA POTABLE

* 1. **Tipología de Proyectos**
     1. *Pequeñas Localidades*

Se analizaron un total de 4 proyectos de sistema de agua potable (SAP) de ampliación y mejoramiento de sistemas existentes.

Los proyectos incluyen tanto las obras generales (captación, tratamiento, impulsión, estanque de regulación y redes de distribución), como las conexiones domiciliarias. A su vez, los costos de inversión incluyen todos los costos necesarios para su ejecución, esto es, los costos directos más los costos de capacitación, supervisión y desarrollo comunitario.

El Cuadro 3.1 siguiente presenta la información básica de los proyectos analizados.

**Cuadro 3.1**

**Muestra de Proyectos – Ciudades Intermedias**



Algunos elementos básicos de estos datos son los siguientes:

* Todos los precios están expresados en US$ de julio de 2017, y el tipo de cambio utilizado es de 6.86 Bolivianos por US$.
* Los precios se expresan a precios de mercado.
* Se consideran las viviendas al año 0 del análisis, que corresponde al año anterior al inicio de las inversiones, e incluyen las viviendas conectadas al servicio, si existe.
* Los presupuestos corresponden a los de diseños última revisión (agosto 2017).

Según el cuadro anterior, la inversión total de los 3 proyectos analizados alcanza a US$74.605.994 representando un promedio de US$1.535.331 por proyecto.

Los proyectos de la muestra abastecerían a 6.314 viviendas en total, con un promedio 2.105 viviendas por proyecto, encontrándose un mínimo de 1.336 en Villa Serrano y un máximo de 2.876 en el caso de Mecapaca.

Las inversiones iniciales por vivienda alcanzan, en promedio, a casi US$ 662, siendo el más costoso el proyecto de Mecapaca, con US$1.141 por vivienda.

* + 1. *Comunidades Menores*

Se analizaron un total de 6 proyectos de sistema de agua potable (SAP), según las siguientes tipologías:

* 4 proyectos de ampliación y mejoramiento de sistemas existentes.
* 2 proyectos de instalación de nuevo servicio.

Los proyectos incluyen tanto las obras generales (captación, tratamiento, impulsión, estanque de regulación y redes de distribución), como las conexiones domiciliarias. A su vez, los costos de inversión incluyen todos los costos necesarios para su ejecución, esto es, los costos directos más los costos de capacitación, supervisión y desarrollo comunitario.

El Cuadro 3.2 siguiente presenta la información básica de los proyectos analizados.

**Cuadro 3.2**

**Muestra de Proyectos – Comunidades Menores**



Algunos elementos básicos de estos datos son los siguientes:

* Todos los precios están expresados en US$ de julio de 2017, y el tipo de cambio utilizado es de 6.86 Bolivianos por US$.
* Los precios se expresan a precios de mercado.
* Se consideran las viviendas al año 0 del análisis, que corresponde al año anterior al inicio de las inversiones, e incluyen las viviendas conectadas al servicio, si existe.
* Los presupuestos corresponden a los de diseños última revisión (agosto 2017).

Según el cuadro anterior, la inversión total de los 6 proyectos analizados alcanza a US$2.628.613, representando un promedio de US$438.103 por proyecto. El proyecto de Achocalla abastecería a más de una comunidad.

Los proyectos de la muestra abastecerían a 150 viviendas en promedio (sin contabilizar el de Achocalla), encontrándose un mínimo de 61 en la comunidad de Cebada Mayu y un máximo de 280 en el caso de la Comunidad de Tomaycuri.

El proyecto de Achocalla beneficiará a 1.392 viviendas de 3 comunidades.

Las inversiones iniciales por vivienda alcanzan, en promedio, a casi US$ 1.955, con dos proyectos con valores en el entorno de US$930 (Achocalla y Tomaycuri) y el resto de los proyectos con valores en promedio de US$2.470 (con un máximo de US$ 2.995 por vivienda en el caso de Cebada Mayu)

* 1. **Metodología General de Evaluación**

Para evaluar socioeconómicamente los proyectos de agua potable se utilizó la metodología de análisis costo – beneficio (ACB). Los beneficios económicos de los proyectos de agua potable se estimaron mediante el cálculo de una curva de demanda agregada para cada localidad rural, la que considera el precio y consumo de las fuentes alternativas de abastecimiento, así como las tarifas marginales y consumos en la situación con proyecto.

Los beneficios económicos totales incluyen 2 componentes: (i) el beneficio por ahorro de recursos al dejar de utilizarse fuentes alternativas, y (ii) beneficios por los mayores niveles de consumo que se obtienen con el sistema público de provisión de agua potable. Para obtener los beneficios económicos y los costos correspondientes, así como los indicadores de factibilidad, se utilizó el programa SIMOP del BID, permitiendo modelar cada uno de los proyectos en el horizonte temporal de su vida útil.

A través de dicho programa se pudieron estimar los beneficios y costos en valor presente de acuerdo a los siguientes conceptos:

* Los beneficios que se desprenden de la posibilidad de los consumidores de tener acceso a agua potable, para el caso de proyectos nuevos, y de incrementar su capacidad de consumo, para aquellos proyectos de mejoramiento. En ambos casos se busca cubrir el déficit de oferta y dotar a las familias de sus necesidades de agua potable.
* Determinar el período óptimo de inicio de funcionamiento de cada proyecto de acuerdo al mejor resultado de su valor actual neto.
* Ahorro de recursos de aquellas familias que se abastecen de agua potable desde fuentes alternativas por efectos de la implementación de los proyectos, sean nuevos o de mejoramiento, ya que, según la encuesta socioeconómica implementada, es más caro proveerse desde otro sistema que no sea la conexión a un sistema de agua potable.
  1. **Beneficiarios y Beneficios**

En el análisis de los proyectos de agua potable, se ha diferenciado la situación de los beneficiarios del proyecto que actualmente ya se benefician de las instalaciones existentes de los futuros beneficiarios de la nueva red a construir.

De esta manera los beneficios están dados por:

* Solo para los nuevos usuarios de la red el principal beneficio representa los ahorros de costos por dejar de utilizar fuentes alternativas de abastecimiento.
* Para todos los usuarios, se calcula el valor del consumo incremental medido por el área bajo la correspondiente curva de demanda por agua potable.

Los supuestos involucrados en el cálculo de los beneficios de los proyectos fueron:

* El horizonte de análisis es de 25 años.
* La unidad monetaria utilizada es dólares norteamericanos de agosto de 2017, aplicándose el tipo de cambio de B$6.86 por US$, correspondiente a la fecha mencionada.
* La demanda global crece como consecuencia de aumentos en la población. Las tasas anuales de crecimiento fueron calculadas individualmente para cada comunidad y se muestran en los Cuadros 3.4 y 3.5.
* Cada localidad presenta su propia dotación de consumo con proyecto, que se presentan en los Cuadro 3.4 y 3.5 (obtenidas de las memorias de los proyectos).
* El factor de conversión del consumo aplicable a los beneficios es de 1,0.
* Cuando existe una tarifa por m3 de consumo, el precio por m3 es igual a la tarifa recomendada en los respectivos estudios. En los casos en que se aplicara una tarifa fija, el precio por m3 utilizado es igual a 0.
* La tasa de descuento es de 12% para establecer los valores presentes de los flujos.
* La tasa de conexión al sistema es de 100% de los beneficiarios.
* Los precios y consumo de las fuentes alternativas fueron determinados por medio de la actualización de la información relevada en 2011, tomando en cuenta el ajuste por evolución del tipo de cambio y de la inflación en Bolivia (se empleó el IPC que elabora el Banco Central y el INE). Los resultados de precio y consumo para cada pequeña localidad y comunidad rural se presentan en el Cuadros 3.3 a continuación.
* Para todos los proyectos se utilizó una elasticidad-precio constante igual a -0.67, la cual fue estimada en base a un modelo nacional de demanda de agua potable rural para Bolivia[[1]](#footnote-1).

El Cuadro 3.3 resume los parámetros que se emplearon a nivel de consumo de agua de fuentes alternativas. Se diferenció la situación de las comunidades rurales integradas hasta un máximo de 300 familias (Tomaycuri, Cebada Mayu, Torre Chica, Oploca, Quinamara) y las localidades con más de 1.000 viviendas.

**Cuadro 3.3**

**Precio y consumo de las fuentes alternativas**



Los Cuadros 3.4 y 3.5 resumen los parámetros y supuestos básicos empleados para el cálculo de los beneficios económicos de cada proyecto evaluado, mientras que los Cuadros 3.6 y 3.7 presentan el valor calculado en cada caso de los beneficios económicos del proyecto.

**Cuadro 3.4**

**Parámetros para el cálculo de los beneficios – Ciudades Intermedias**



**Cuadro 3.5**

**Parámetros para el cálculo de los beneficios – Comunidades menores**



En el caso de ciudades intermedias, en todos los proyectos, incluso los de rehabilitación, se consideran usuarios nuevos a ser conectados a las redes a ser construidas. En su situación actual estos usuarios se abastecen principalmente por medio de acarreo y en algunos casos por medio de pozos. Para comunidades menores, existen nuevos usuarios en los 6 proyectos. Actualmente estos usuarios se abastecen principalmente por medio de acarreo y en algunos casos por medio de pozos.

En todos los casos, para la situación con proyecto la demanda global se determinó a partir de los datos utilizados en los diseños de las obras. Para efectos de la aplicación del modelo SIMOP se consideró en todos los casos una curva de demanda de elasticidad constante igual a -0.7.

El cuadro 3.6 los resultados finales del cálculo de beneficios de estos proyectos para pequeñas localidades y comunidades rurales.

En ciudades intermedias, los beneficios varían desde un mínimo de US$857.000 en Villa Serrano, que implica la ampliación y mejoramiento del sistema, hasta un máximo de US$6.847.084 en la localidad de Mecapaca, que representa una mejora de sistema con ampliación de red que abastecerá a 2.876 viviendas.

En el segmento de comunidades menores, los beneficios varían desde un mínimo de US$ 185.119 en la pequeña comunidad de Cebada Mayu, que representa la construcción de un sistema para 61 viviendas, hasta un máximo de US$ 2.656.956, correspondiente al proyecto de ampliación y mejora de red de varias comunidades de Achocalla, que abastecerá a 1,394 viviendas.

**Cuadro 3.6**

**Resultado del cálculo de beneficios**

****

* 1. **Inversiones y Otros Costos**

Los costos de inversión mostrados en los Cuadros 1 y 2 incluyen los costos directos de construcción y costos indirectos, tales como costos de supervisión, capacitación y otros servicios. A los fines de convertir los costos de inversión de precios de mercado a precios sociales, se contó con información del MMAyA para la desagregación de los costos por componente “económicos”: materiales y equipos nacionales, materiales y equipos importados, mano de obra calificada y mano de obra no calificada. Se manejó información promedio para algunos proyectos, y finalmente se calculó un Factor de Conversión promedio para todos los proyectos de sistema de agua tomando en cuenta también la información disponible del análisis del programa Fase I del año 2011.

El resultado del cálculo del Factor de Conversión a precios de eficiencia para proyectos de infraestructura de agua potable es de 0.70, que coincide con el promedio de FC del análisis realizado para la fase anterior.

Las Razones Precio Cuenta (RPC) o también denominados “Factores de Conversión de Precios de Mercado a Precios de Eficiencia”, utilizados para la estimación de los costos económicos, se presentan en el Cuadro 3.7 a continuación y son los calculados oficialmente por Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE).

**Cuadro 3.7**

**Factores de Conversión a Precios de eficiencia para Proyectos de Agua Potable**



Como se mencionó, tomando en cuenta la composición de costos de cada categoría de gasto, se obtiene que la aplicación de los factores de conversión para eliminar impuestos indirectos (IVA y aranceles) y otras distorsiones en el mercado laboral, hace que a precios de cuenta la inversión total alcance, en promedio, a 70% del valor a precios de mercado para ciudades intermedias y comunidades menores. Dicha información se presenta en los Cuadros 3.8 y 3.9.

**Cuadro 3.8**

**Costos de inversión a precios sociales – Ciudades intermedias**



**Cuadro 3.9**

**Costos de inversión a precios sociales - Comunidades menores**



Los Cuadro 3.10 y 3.11 presentan información relativa a los costos anuales de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM) calculados parcialmente a partir de información de los proyectos y estimados para el análisis Costos-Beneficio de la manera siguiente: para los costos variables de producción se empleó una actualización de los costos unitarios disponibles y para los costos fijos de AOM se calculó como el 1% del costo de inversión del proyecto. El cuadro siguiente presenta el valor de AOM del primer año y último año de operaciones (se asume un periodo de evaluación de25 años, y el Valor Actual o Valor Presente suponiendo que las obras se construyen completamente en el año 1 y aplicando una tasa de descuento del 12% (a precios de mercado y precios de eficiencia).

**Cuadro 3.10**

**Costos de Administración, Operación y Mantenimiento Ciudades intermedias**



**Cuadro 3.11**

**Costos de Administración, Operación y Mantenimiento Comunidades menores**



* 1. **Resultados de Rentabilidad**

Los resultados de las evaluaciones de los 3 proyectos de agua potable en ciudades intermedias y de los 6 proyectos en comunidades menores se presentan en los siguientes Cuadros 3.12 y 3.13.

Para el segmento de ciudades intermedias, todos los proyectos estudiados presentan Valores Actuales Netos (VAN) positivos al 12%, con Tasas Internas de Retorno Económica (TIR) que varían entre 18.6% en Villa Serrano y 39.7% en Pailón.

**Cuadro 3.12**

**Resultados de rentabilidad de los proyectos Ciudades intermedias**



Por su parte, para el segmento de comunidades menores, 6 de los proyectos estudiados presentan VAN positivos al 12%, con Tasas Internas de Retorno Económica (TIRE) que varían entre 12.75% en Torre Chica y 36.9% en Tomaycuri.

**Cuadro 3.13**

**Resultados de rentabilidad de los proyectos Comunidades menores**



* 1. **Análisis de Sensibilidad**

Dadas las incertidumbres existentes sobre los numerosos supuestos y parámetros del análisis se presenta en esta sección un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de cada proyecto.

Los supuestos básicos para el análisis son los siguientes:

* La inversión de cada proyecto (incluyendo los costos de O&M) puede presentar un rango de variación de ± 20% de los valores base.
* La tasa de crecimiento de la demanda varía en ± 50% de los valores base.
* El precio de fuentes alternativas de abastecimiento varia en +20% y -20% de los valores base.
* La elasticidad de la demanda varía en +20% y -20% del valor base[[2]](#footnote-2).

Los cuadros 3.14 y 3.15 muestran los resultados principales del análisis de sensibilidad sobre la TIRE.

**Cuadro 3.14**

**Resumen análisis de sensibilidad – TIRE de los proyectos**

**Ciudades intermedias**



**Cuadro 3.15**

**Resumen análisis de sensibilidad – TIRE de los proyectos**

**Comunidades menores**



Los resultados anteriores muestran que, ante cambios en los supuestos y parámetros en las magnitudes indicadas, se mantendría una elevada certeza de rentabilidad en la mayoría de los proyectos rentables.

Para los proyectos en ciudades intermedias, ninguno de los proyectos dejaría de ser rentable bajo los escenarios analizados.

Para el caso de comunidades menores, solamente en el caso de Torre Chica y Cebada Mayu dejarían de serlo bajo alguno de los escenarios planteados: una caída de la demanda del 50% (se trata de 60 familias) y el incremento del 50% afectaría la rentabilidad del proyecto de Torre Chica.

# PROYECTOS DE SANEAMIENTO

## Tipología de Proyectos

Los proyectos de saneamiento responden a dos tipologías diferentes: 1) construcción de soluciones individuales del tipo Baños Ecológico Seco (BES) y 2) construcción de redes de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). En el caso de las soluciones individuales, siguiendo las prácticas normales para proyectos rurales en Bolivia se construirá un baño BES por hogar. El diseño técnico de los BES ha sido realizado por el MMAyA y ya tiene antecedentes en Bolivia de ser implementados con éxito. Los detalles se presentan en el correspondiente Anexo Técnico.

En el caso de las redes de alcantarillado y PTAR, la solución es específica para cada proyecto. La muestra considera un total de 6 proyectos de alcantarillado sanitario y PTAR, cuyas características básicas y costos se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.1**

**Lista de proyectos de redes de alcantarillado y PTAR**



Dos de los 6 proyectos, 2 pertenecen a localidades el departamento de La Paz (Huascullani y Colquencha), y los restantes a los departamentos de Santa Cruz (Pailón), de Oruro (Huanuni) y Sucre (Villa Serrano).

Los proyectos abarcan una cantidad de viviendas beneficiarias que varían entre 400 y 4.126. La tasa de crecimiento de la población se ha estimado para cada caso en particular de acuerdo a las estimaciones que se disponen de los relevamientos socioambientales y técnicos.

Todos los proyectos de alcantarillado y de construcción de PTAR de la muestra corresponden a proyectos nuevos. El costo total de inversión de los 6 proyectos alcanza a US$13.2 millones[[3]](#footnote-3). En términos de costo unitario, esta muestra de proyectos corresponde a un costo promedio de US$1,422 por vivienda o US$250 por habitante.

Estas soluciones presentan una alta variabilidad en términos de costos per cápita y refleja los requerimientos del tipo de soluciones tecnológicas adoptadas para el tratamiento de las aguas residuales, y los estándares de diseño de las obras, los cuales no son uniformes a nivel nacional.

**Cuadro 4.2**

**Lista de proyectos con solución saneamiento independiente (BES)**



Tres de los 4 proyectos de saneamiento independiente de la muestra, pertenecen a localidades del departamento de Potosí (Quinamara, Torre Chica-Chocaya y Oploca), y el restante al departamento de Oruro (Cebada Mayu). Los proyectos abarcan una cantidad de hogares beneficiarios que varían entre 61 y 172 familias por comunidad.

Todos los proyectos de saneamiento independiente (BES) de la muestra corresponden a proyectos nuevos. El costo total de inversión de los 4 proyectos alcanza a US$735.691. En términos de costo unitario, esta muestra de proyectos corresponde a un costo promedio de US$1,575 por vivienda y que corresponde al costo unitario promedio de construcción de un BES de acuerdo a la mejor oferta de la licitación realizada en 2017.

## Metodología general de evaluación

La metodología de evaluación para todos los proyectos de saneamiento se basó en un análisis costo – beneficio, donde los beneficios se estiman a partir de la Disposición a Pagar (DAP) de las familias beneficiarias por disponer de un nuevo BES o de conectarse a una nueva red de alcantarillado y disponer de un tratamiento adecuado mediante una nueva PTAR. Para ello se estimaron tres DAP específicas y diferentes:

* DAP por las soluciones individuales de saneamiento (BES) que se obtuvo de la realización de 350 encuestas en las comunidades rurales de la muestra durante los meses de julio y agosto de 2017.
* DAP para red de alcantarillado, que se estimó por medio de la realización de 350 encuestas a familias residentes en las localidades de la muestra donde se proyecta la realización de este tipo de proyectos.
* DAP para PTAR, que también se estimó por medio de la realización de 350 encuestas en aquellas localidades de la muestra donde existen este tipo de proyecto.

En los 3 casos, la DAP se ha estimado por medio de la metodología de Valuación Contingente (VC) a partir de los datos de la encuesta diseñada específicamente para ese fin. Los detalles de las estimaciones se presentan en el correspondiente Apéndice.

Para el caso de los Baños Ecológico Seco (saneamiento independiente), como la solución adoptada es la misma para todos los proyectos, se realizó una única evaluación costo-beneficio, y se manejó como costo de inversión el costo unitario de cada BES a precio de oferta que se dispone de última licitación hecha en 2017.

Para el caso de los proyectos de alcantarillado y construcción de PTAR se ha evaluado individualmente cada uno de los proyectos.

## Beneficiarios y Beneficios

### *Soluciones individuales (Baño Ecológico Seco)*

El beneficio principal esperado del proyecto de construcción de los BES es mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria al permitir que la misma disponga de sus aguas negras apropiadamente. Se eliminan con ello los efectos negativos que tiene el utilizar sistemas de evacuación en malas condiciones o directamente el no uso de un sistema, lo cual es fuente de contaminación ambiental y de problemas de salubridad.

La importancia que tienen las obras para la población afectada se ha comprobado, de acuerdo con los resultados de la encuesta realizada en comunidades rurales a propósito de este estudio socioeconómico; efectivamente un 78% de las familias entrevistadas declararon que no están satisfechos con su sistema actual de evacuación de las aguas negras o grises.

**Cuadro 4.3**

**Soluciones actuales para evacuación de aguas negras**

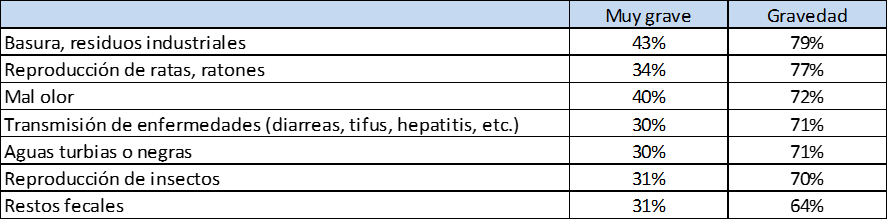


El cuadro a continuación resume la percepción de los hogares sobre los principales perjuicios a causa de un sistema inadecuado de evacuación de aguas residuales domésticas. Los más comunes reconocidos por la población como consecuencia de la situación actual son: la presencia de basura (79.2%), reproducción de ratas (77%) e insectos (70%), presencia de malos olores (72%) y restos de materia fecal (64%), y transmisión de enfermedades (71%).

**Cuadro 4.4**

**Principales perjuicios percibidos por la población con la solución**

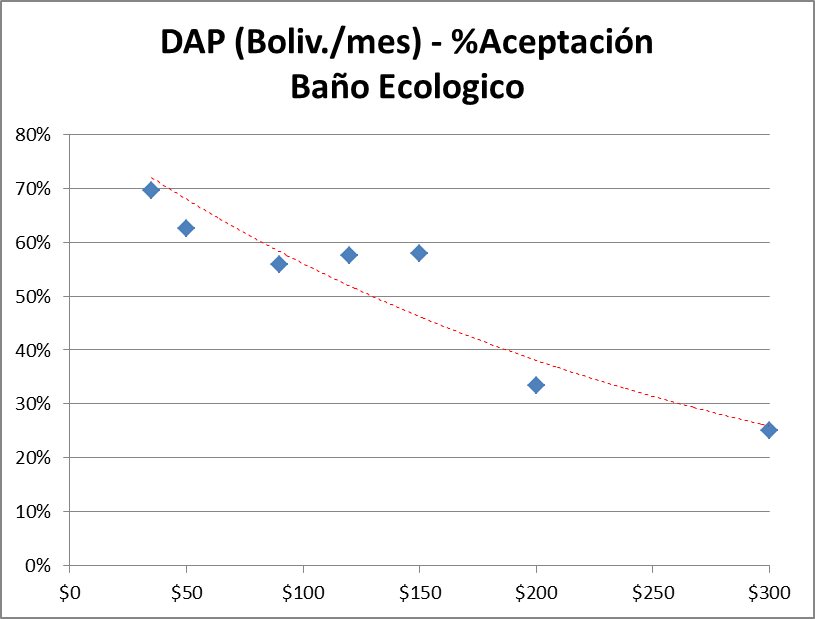
**actual de aguas residuales domesticas**



En función de las consideraciones anteriores, para efectos de la determinación de los beneficios económicos de las soluciones propuestas se aplicó la metodología de VC. En esta metodología se obtiene la máxima disposición a pagar de las familias a través de un cuidadoso proceso de entrevista al jefe de la misma. En lo esencial, en este estudio se aplicó el método de referéndum, a través del cual a cada entrevistado se le pidió optar por aceptar o no el proyecto de construcción de BES a un precio dado. En este caso, los valores utilizados fueron: B35, B50, B90, B120 B150 B200 y B300. Específicamente, se preguntó a los entrevistados si estaban dispuestos a pagar uno de esos montos mensualmente durante la vida útil del BES.

**Figura 1**

**DAP: % de Aceptación de precios encuestados por BES**



Como se mencionó, la encuesta fue efectuada a 350 jefes de hogar, seleccionados al azar, localizados en una muestra de comunidades rurales de Bolivia pertenecientes a la muestra seleccionada del programa. Un aspecto fundamental para validar la metodología de valorización contingente la constituye la adecuada construcción del cuestionario utilizado. Para estos efectos se aplicaron las recomendaciones usuales (NOAA Panel 1993) utilizándose ampliamente los resultados de Grupos Focales y Encuesta Piloto para decidir todos los aspectos centrales relacionados con la estructura, lenguaje, comprensión, método de elicitación del precio y verificación de consistencia de las respuestas.

En el cuadro a continuación se presentan los resultados econométricos principales que permiten estimar la máxima disposición a pagar de las familias beneficiarias. En cada caso se considera la utilización de un modelo logit, lineal en el precio, para predecir las opciones de compra asociadas al modelo de referéndum.

Del análisis se obtiene una estimación promedio de la disposición a pagar que alcanza a B$147.9 (US$ 21) por mes y por familia para tener acceso a un baño de tipo BES. La ecuación utilizada señala el signo compatible con lo esperado e impacto significativo de las variables Precio e Ingreso total de la familia. Además se han incluido un par de variables relacionadas con las características actuales del Nivel Socio Económico del Hogar que permiten mejorar la calidad de ajuste del modelo a los datos disponibles de la muestra.

Este resultado representa una DAP equivalente al 6.8% de los ingresos promedios de la familia auto-declarados en la encuesta.

**Cuadro 4.5**

**Estimación de DAP y parámetros del Modelo Logit de probabilidad de aceptación del proyecto de BES**



A los efectos de realizar un análisis más conservador, en el análisis Costo-Beneficio se asumió una DAP de B$ 109.25 (US$12.3) por mes equivalente al 5% de los ingresos mensuales promedios (B$ 2185), el cual es un porcentaje aceptado en los estándares internacionales como proporción del ingreso para pagos por una mejora en la vivienda relacionada al saneamiento.

### *Redes de alcantarillado y PTAR*

Los beneficiarios de las obras de redes de alcantarillado son aquellas familias que efectivamente se conectan a las mismas una vez construidas. Esto supone que se debe disponer de una estimación de cuál es la probabilidad de conectarse efectivamente de las viviendas frentistas a la nueva red de alcantarillado. Por otra parte, los beneficiarios de las obras de tratamiento (PTAR) son todos los habitantes de la localidad en la que se construyen las obras, independientemente de si están conectados o no a la red de alcantarillado.

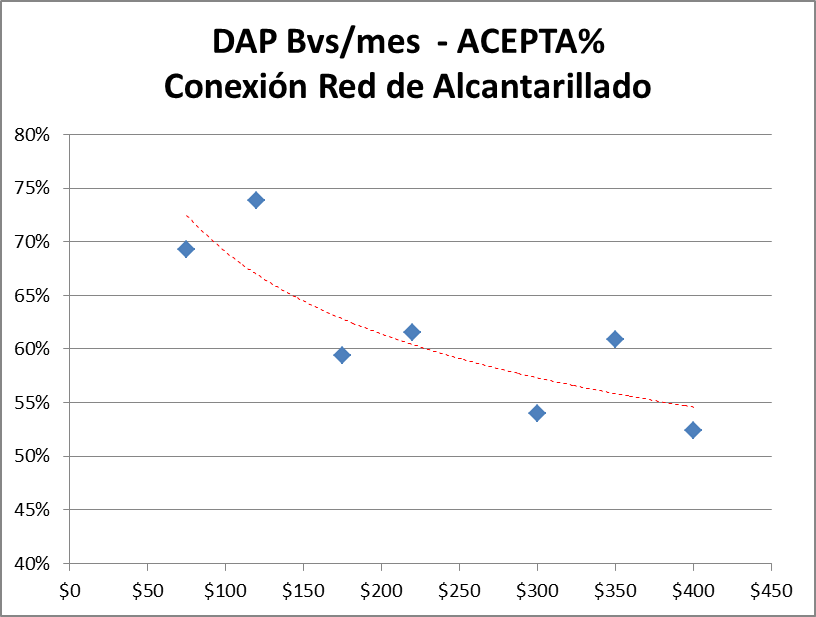
Los beneficios por familia se estimaron como la máxima DAP de las familias beneficiarias efectivamente del proyecto de alcantarillado y de las familias de la localidad directamente beneficiada por la construcción y puesta en funcionamiento de la PTAR. Estos valores fueron estimados por medio de la metodología de Valuación Contingente, obteniéndose una máxima disposición a pagar promedio para las familias beneficiarias a través de un proceso de entrevista al jefe de la misma. Tanto para alcantarillado como para PTAR se aplicó el método de referéndum, a través del cual a cada entrevistado se le pidió optar por aceptar o no el proyecto (de construcción de red de alcantarillado o de PTAR) a un precio dado.

Los precios o pagos por mes utilizados fueron B75, B120, B175, B220, B300, B350 y B400 para red de alcantarillado y B45, B60, B90, B120, B150, B200, B300 para PTAR.

En las Figuras a continuación se resumen gráficamente las respuestas de Aceptación/Rechazo a la lista de precios encuestados en cada caso.

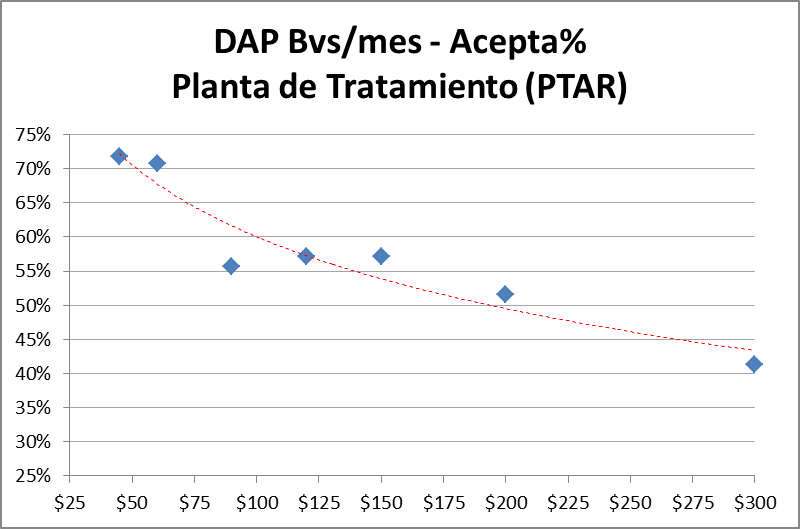
**Figura 2**

**DAP: % de aceptación de precios encuestados por red de alcantarillado**



**Figura 3**

**DAP: % de aceptación de precios encuestados por PTAR**



Tanto para alcantarillado como para PTAR, las encuestas fueron efectuadas a dos muestras independientes de 350 jefes de hogar (un total de 700 encuestas), seleccionados al azar, localizados en las localidades de la muestra del programa. Se aplicaron las recomendaciones usuales (NOAA PANEL 1993) utilizándose los resultados disponibles de Grupos Focales, entrevistas en profundidad y Encuestas Piloto para decidir todos los aspectos centrales relacionados con la estructura, lenguaje, comprensión, método de elicitación del precio y verificación de consistencia de las respuestas.

En los cuadros a continuación se presentan los resultados econométricos principales que permiten estimar la máxima disposición a pagar de las familias beneficiarias por redes de alcantarillado y PTAR, respectivamente. En cada caso se considera la utilización de un modelo logit, lineal en el precio, para predecir la probabilidad de aceptar la opción de compra del proyecto asociada al modelo de referéndum.

**Cuadro 4.5**

**Estimación de DAP y parámetros del Modelo Logit de probabilidad de aceptación**

**del proyecto de red de alcantarillado**



**Cuadro 4.6**

**Estimación de DAP y parámetros del Modelo Logit de probabilidad de aceptación**

**del proyecto de PTAR**



Del análisis de los modelos de probabilidad de aceptar el proyecto de red de alcantarillado y de PTAR se obtiene una estimación promedio de la disposición a pagar que alcanza a B$276 (US$ 40) por familia por mes para tener acceso a red de alcantarillado y de B$202 (US$ 29) por familia por mes por la construcción de una PTAR. Además de las variables Precio e Ingresos totales de la Familia se han incluido un par de variables relacionadas con las características actuales del Nivel Socio Económico del Hogar que permiten mejorar la calidad de ajuste del modelo a los datos disponibles de la muestra.

El valor obtenido de la DAP para las redes de alcantarillado y PTAR se encuentran alineados con resultados estimados en otros países de la región, pero resultan en un porcentaje de los ingresos familiares autodeclarados[[4]](#footnote-4) de la muestra más alto del benchmarking que es 3%-4% para redes de alcantarillado o de 1%-2% en el caso de PTAR.

A los efectos del análisis Costo-Beneficio de los proyectos de red de alcantarillado se empleó una DAP que corresponde al 3.5% de los ingresos promedios declarados en la encuesta y de 1.5% en el caso de PTAR. Estos resultados se resumen en el cuadro siguiente.

**Cuadro 4.7**

**Comparación de las DAP estimadas a partir del Modelo Logit y DAP “benchmarking”**



Otros elementos adoptados en la determinación de los beneficios son:

* El horizonte de evaluación es de 20 años.
* La tasa de crecimiento de la demanda corresponde al crecimiento tendencial de la población, y supone que la DAP no varía en el tiempo.
* Se ha asumido una tasa de conexión que representa el 65% de las familias al momento de completarse las obras y luego va incrementándose hasta alcanzar el 95% de conectividad al 5to año.
* Los beneficios estimados por DAP no se ajustan a precios sociales.
* La tasa de descuento adoptada es del 12%.

## Inversiones y Otros Costos

### *Soluciones individuales (Baños Ecológico Seco)*

Los montos de la inversión fueron provistos por el MMAyA y convertidos a dólares a una tasa de B$/US$ 6.86. Dentro del monto de inversión se incluyen mano de obra, materiales y equipos. Los costos de inversión se han convertido a precios sociales utilizando los factores de conversión, o RPC calculados por el VIPFE. En el cuadro a continuación se presentan los componentes de costos de construcción correspondientes a un BES, su estructura en porcentaje y el cálculo del factor de conversión de precios e mercado a precio sociales (o precios de eficiencia).

**Cuadro 4.8**

**Costo de BES y Factor de Conversión a Precios Sociales**



Según se mencionó, el costo de construcción de un BES ha sido estimado en B$ 10,806.9 (US$ 1,575). El costo unitario a precio social o de eficiencia se estimó en US$1,055. De esta forma, el costo a precios sociales de cada letrina corresponde al 67% de su costo a precios de mercado. Según información del MMAyA, los costos de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM) de los BES son muy bajos y en el análisis se asume un costo anual equivalente al 0.5% del costo de inversión.

### *Redes de alcantarillado y PTAR*

Los costos de inversión indicados anteriormente se han convertido a precios sociales utilizando los factores de conversión correspondientes, y a partir de la aplicación de la distribución de costos por insumos económicos que se presenta en el cuadro a continuación.

**Cuadro 4.9**

**Costos de inversión por insumo económico (en B$)**



* Costos complementarios no divisibles entre redes y PTAR.

1. No se cuenta con presupuesto desglosado entre redes de alcantarillado y PTAR.

En función de la estructura de componentes de las obras de redes de alcantarillado y de las PTAR se estimó un Factor de Conversión para cada uno de los principales ítems. El cuadro siguiente resume los Factores de Conversión por ítem.

**Cuadro 4.10**

**Factores de Conversión a precios de eficiencia**



A precios de eficiencia o social la inversión total por proyecto de saneamiento (incluye redes, PTAR y otros, supervisión y actividades de desarrollo comunitario) representa, en promedio, el 72% del valor a precios de mercado. Dicha información se presenta en el Cuadro 4.11

**Cuadro 4.11**

**Costos de inversión a precios de eficiencia**



Los costos de AOM de los sistemas se presentan en el Cuadro 4.12 a continuación.

**Cuadro 4.12**

**Costos de Administración, Operación y Mantenimiento**



Estos valores han sido expresados a precios de eficiencia o sociales considerando los mismos factores de conversión que fueron utilizados para la inversión en redes de saneamiento.

El análisis Costo-Beneficio incluye adicionalmente una estimación de los costos de la conexión intradomiciliaria a medida que las familias se incorporan a los sistemas de saneamiento, y fueron determinadas específicamente para cada proyecto. Estas cifras alcanzan un promedio de US$ 290 por conexión a nivel de la vivienda a precio de mercado (o US$ 194 a precio de eficiencia).

## Resultados de Rentabilidad

### Soluciones de saneamiento individuales

Para la evaluación del proyecto construcción de BES se utilizan los siguientes supuestos:

* Se adopta un horizonte de evaluación de 10 años.
* La tasa de descuento es del 12%.
* Para los beneficios por vivienda, se emplea la DAP de US$15.9 (B$109.25) mensual por un periodo de 10 años.

El Cuadro 4.13 presenta los resultados del análisis costo-beneficio, el que arrojó una TIRE de 14.4% y un VAN que varía entre US$2,061 y US$13,033 (según la escala del proyecto global), que representa una rentabilidad económica adecuada a pesar del alto costo del BES que, de acuerdo a los informes técnicos, se debe al sobrecosto de materiales y de personal calificado para la construcción in situ en las comunidades rurales remotas.

**Cuadro 4.13**

**Rentabilidad de los proyectos de construcción de Baño Ecológico Seco (BES)**



### *Proyectos de Redes de alcantarillado y PTAR*

Los resultados fundamentales de las evaluaciones de los proyectos de saneamiento se presentan en el Cuadro 4.14 siguiente. Todos los proyectos son rentables, con TIRE que fluctúan entre 14.3% y 30.4%.

**Cuadro 4.14**

**Rentabilidad de los proyectos de redes de alcantarillado y PTAR**



## Análisis de Sensibilidad

### *Soluciones de saneamiento individuales*

Tomando en cuenta la incertidumbre de los supuestos y parámetros del análisis se ha efectuado un análisis de sensibilidad a partir de las siguientes consideraciones:

* Los costos de inversión varían un + 5%
* La DAP por los BES varía entre un +/- 5%.

Los resultados del análisis de variación de la DAP y del costo de inversión, así como el nivel de quiebre para el incremento de cada una de estas variables se presentan a continuación en el Cuadro 4.15

**Cuadro 4.15**

**Resumen análisis de sensibilidad de BES**



Como surge del Cuadro 4.15, con un aumento de los costos del 5% el proyecto es aun viable pero su margen de rentabilidad positiva se reduce en 1.5 puntos porcentuales. El umbral de rentabilidad (TIR = 12%) se alcanza con un incremento de los costos de inversión en un +8.25%. El margen es pequeño, pero el nivel de certidumbre de los costos unitarios de los BES es muy alto (son costos de proyectos licitados en 2017).

Adicionalmente, una reducción de la DAP del 5% haría que el proyecto sea marginalmente económicamente viable, alcanzando el punto de corte para la DAP cuando la reducción de la DAP representa un -7%. Sin embargo, los proyectos de soluciones BES en estas comunidades remotas tiene una sólida rentabilidad debido al elevado valor económico asignado a una solución de este tipo por los integrantes de estas comunidades.

### *Redes de alcantarillado y PTAR*

A continuación se presenta un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de cada proyecto. Los supuestos básicos para el análisis son los siguientes:

* La inversión y los costos de AOM de cada proyecto puede presentar un rango de variación de +20% de los valores base.
* La DAP varía en -20% de los valores base.

El Cuadro 4.16 resume los resultados del análisis de sensibilidad de cada uno de los 6 proyectos de saneamiento como consecuencia de una modificación del 20% de las variables críticas: costo de inversión, DAP por conexión a la red y DAP para la PTAR. También se identifica para cada proyecto cuál es la modificación de la correspondiente variable que corresponde a la rentabilidad nula (es decir, TIR=12%).

**Cuadro 4.16**

**Resumen análisis de sensibilidad – TIR de los proyectos (%) Redes de alcantarillado**



En general todos los proyectos presentan una rentabilidad poco sensible a modificaciones (más probables) del 20%, con la excepción de los proyectos Huacullani y Colquencha, donde la rentabilidad deja de ser positiva en caso de una modificación de los costos de inversión superior al 23% o al 17%, respectivamente, o del 24.3% o 19.7% de la DAP de conexión a una nueva red de alcantarillado.

# ANALISIS DE LAS TARIFAS Y LOS INGRESOS FAMILIARES

A continuación se muestra la tarifa de agua potable y agua potable y saneamiento (cuando corresponda) a ser cobrada en cada comunidad según la información provista por el MMAyA, el ingreso mensual promedio de las familias según datos de la encuesta socioeconómica, y la participación de la tarifa en el ingreso mensual promedio.

**Cuadro 5.1**

**Tarifas de los proyectos de agua potable**

**Comunidades menores**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Comunidad** | **Tipo de servicio** | **Tarifa (US$/mes)** | **Ingreso promedio por vivienda (US$/mes)** | **Tarifa/ingreso promedio (%)** |
| Quinamara | Agua | 1.41 | 159 | 0.9 |
| Cebada Mayu | Agua | 1.16 | 122 | 1.0 |
| Torre Chica-Chocaya | Agua | 1.45 | 159 | 0.9 |
| Oploca | Agua | 1.45 | 159 | 0.9 |
| Marquirivi-Canuma | Agua | 1.06 | 321 | 0.3 |
| Tomaycuri | Agua | 2.03 | 267 | 0.8 |

**Cuadro 37: Tarifas de los proyectos de agua potable y saneamiento**

**Ciudades intermedias**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Comunidad** | **Tipo de servicio** | **Tarifa (US$/mes)** | **Ingreso promedio por vivienda (US$/mes)** | **Tarifa/ingreso promedio (%)** |
| Villa Serrano | Agua y saneamiento | 4.35 | 267 | 1.6 |
| Pailon | Agua y saneamiento | 2.97 | 377 | 0.8 |
| Mallasa | Agua y saneamiento | 3.59 | 300 | 1.2 |
| Tiahuanacu | Agua y saneamiento | 2.32 | 206 | 1.1 |
| Colquencha | Agua y saneamiento | 2.17 | 300 | 0.7 |
| Huanuni | Agua y saneamiento | 1.74 | 609 | 0.3 |
| Achacachi | Agua y saneamiento | 0.60 | 178 | 0.3 |

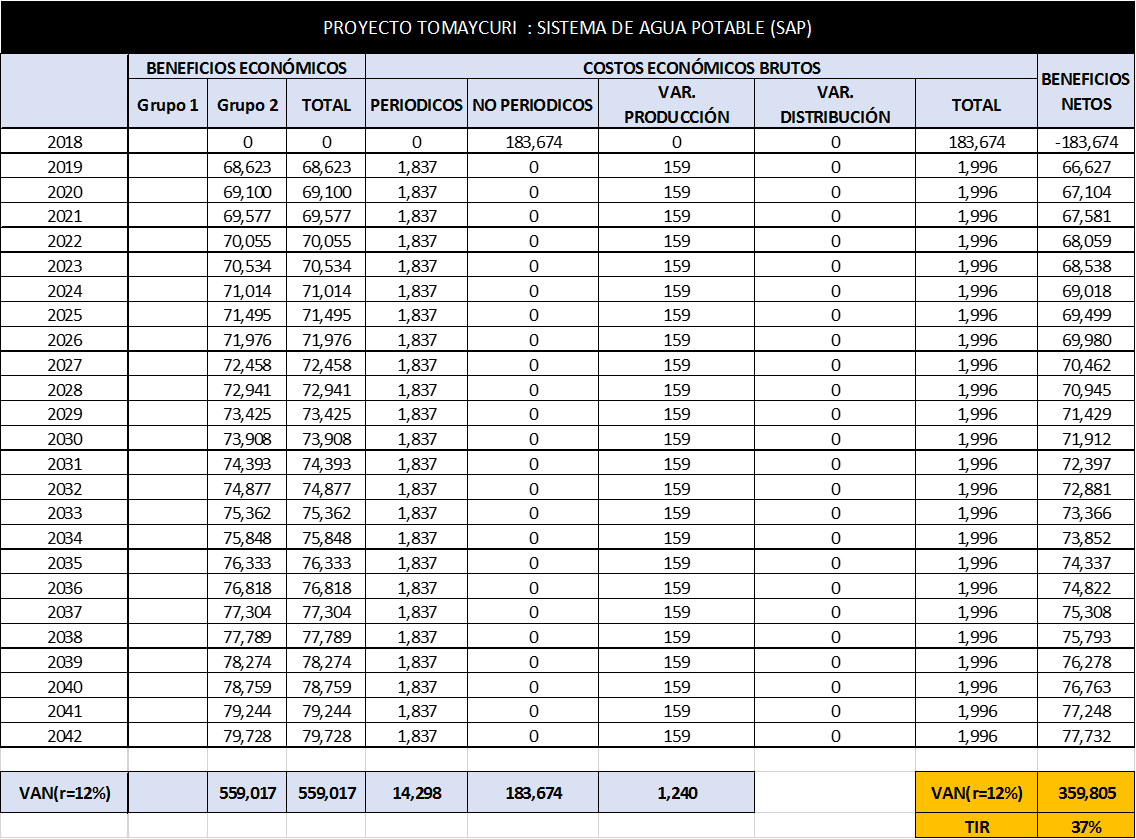
Según los estándares internacionales, la tarifa que se cobra a los usuarios de agua potable no debiera exceder el 3% del ingreso familiar mensual promedio y la de agua y saneamiento no debería ser superior al 5%. Estos valores en principio se verificarían en todos los proyectos.

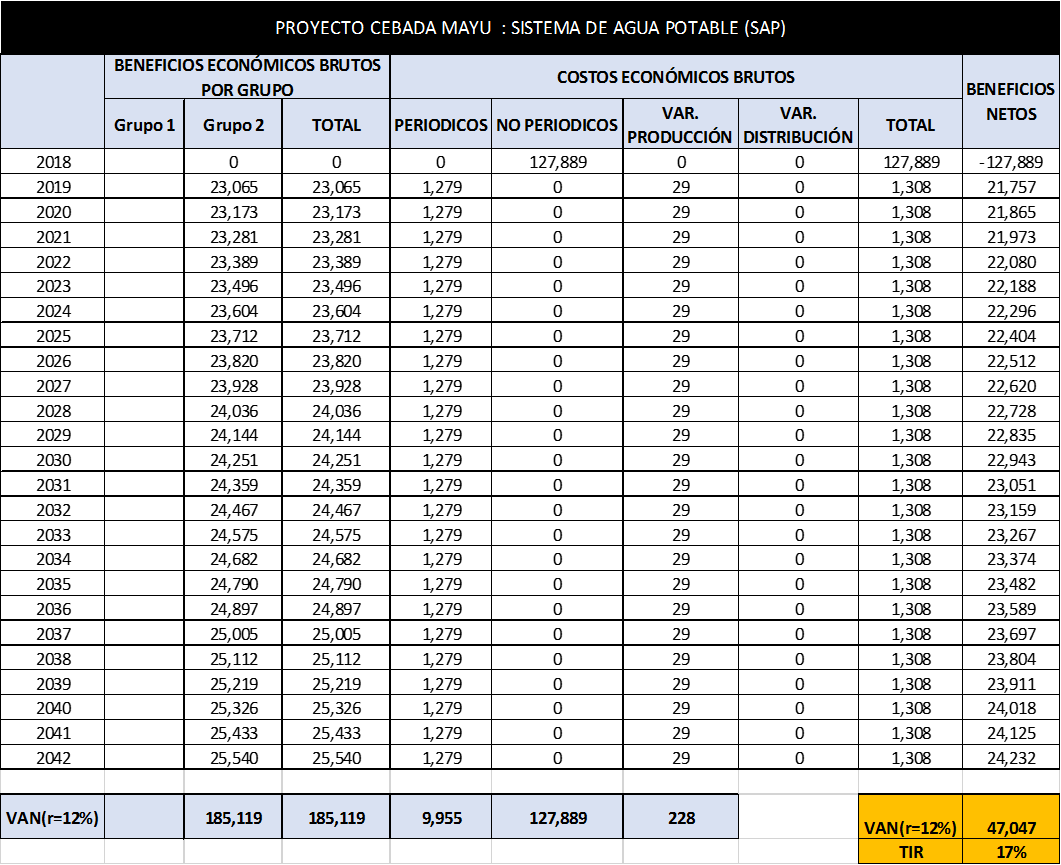
**APENDICE A**

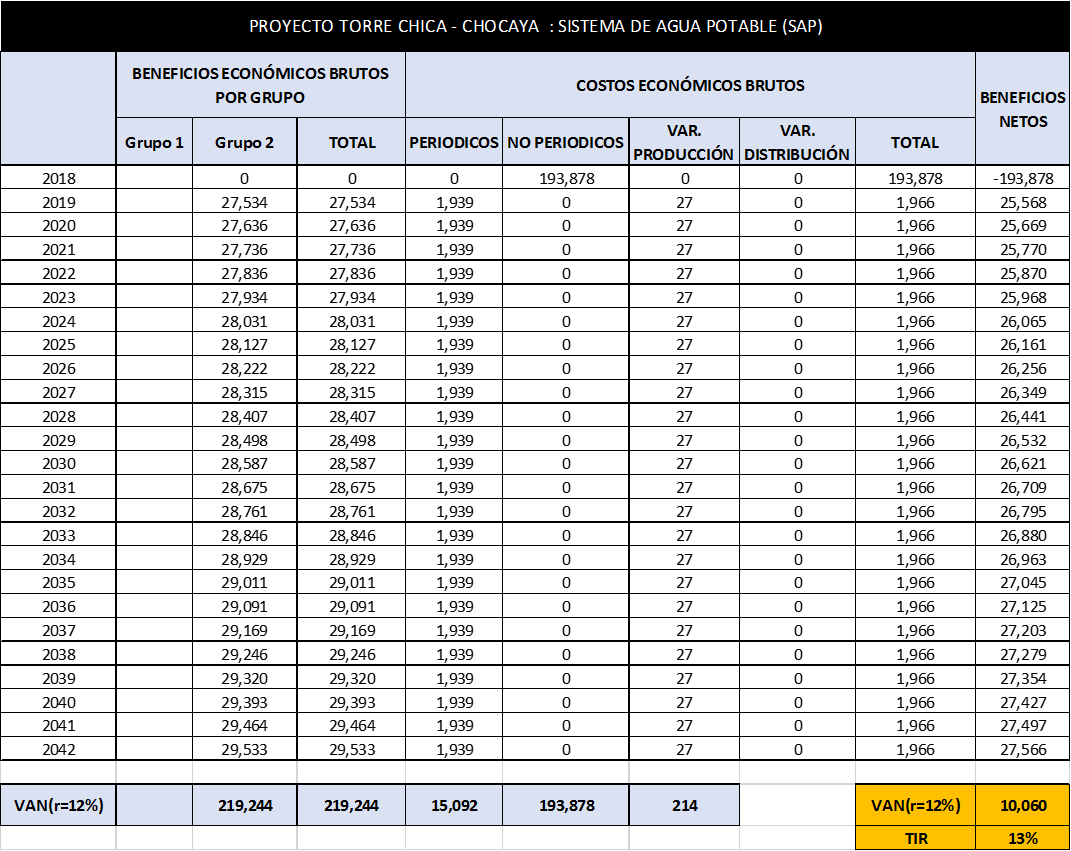
**FLUJOS DE CAJA DE LOS ANALISIS COSTO-BENEFICIO**

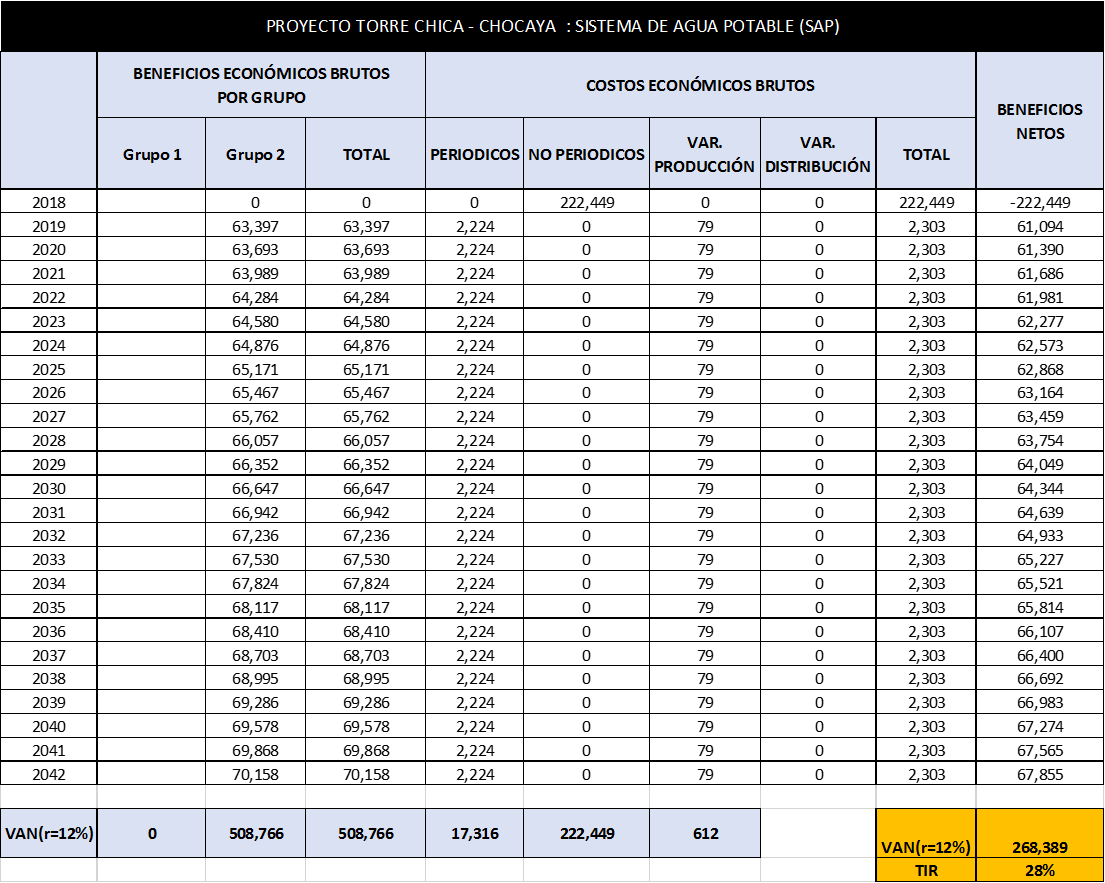
**PROYECTOS DE AGUA POTABLE**

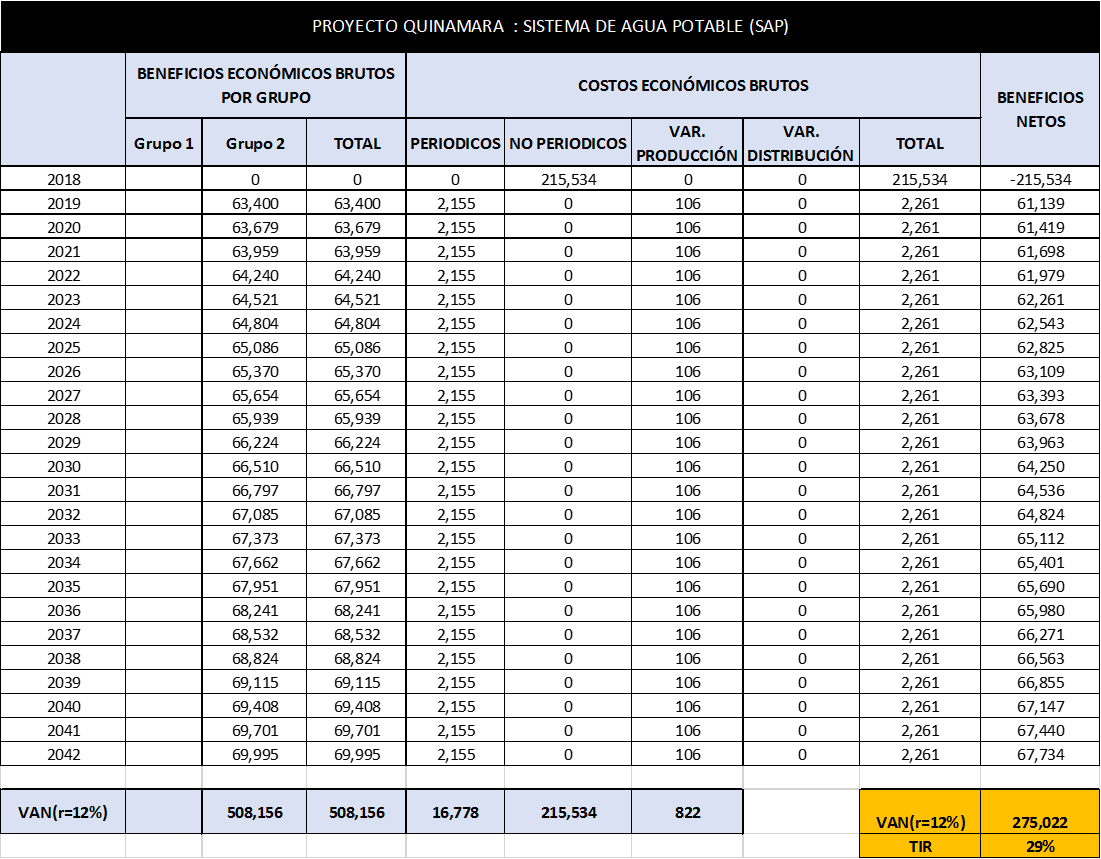


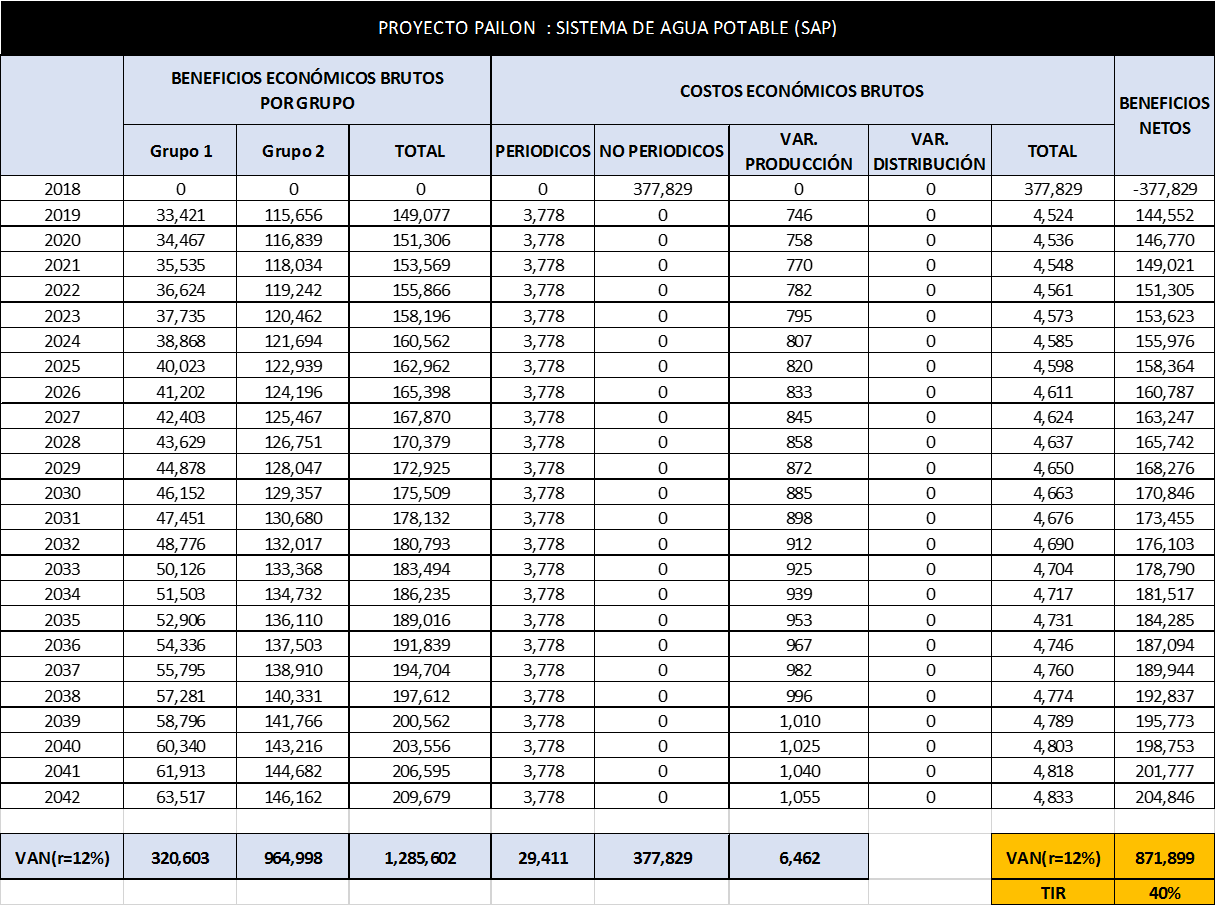


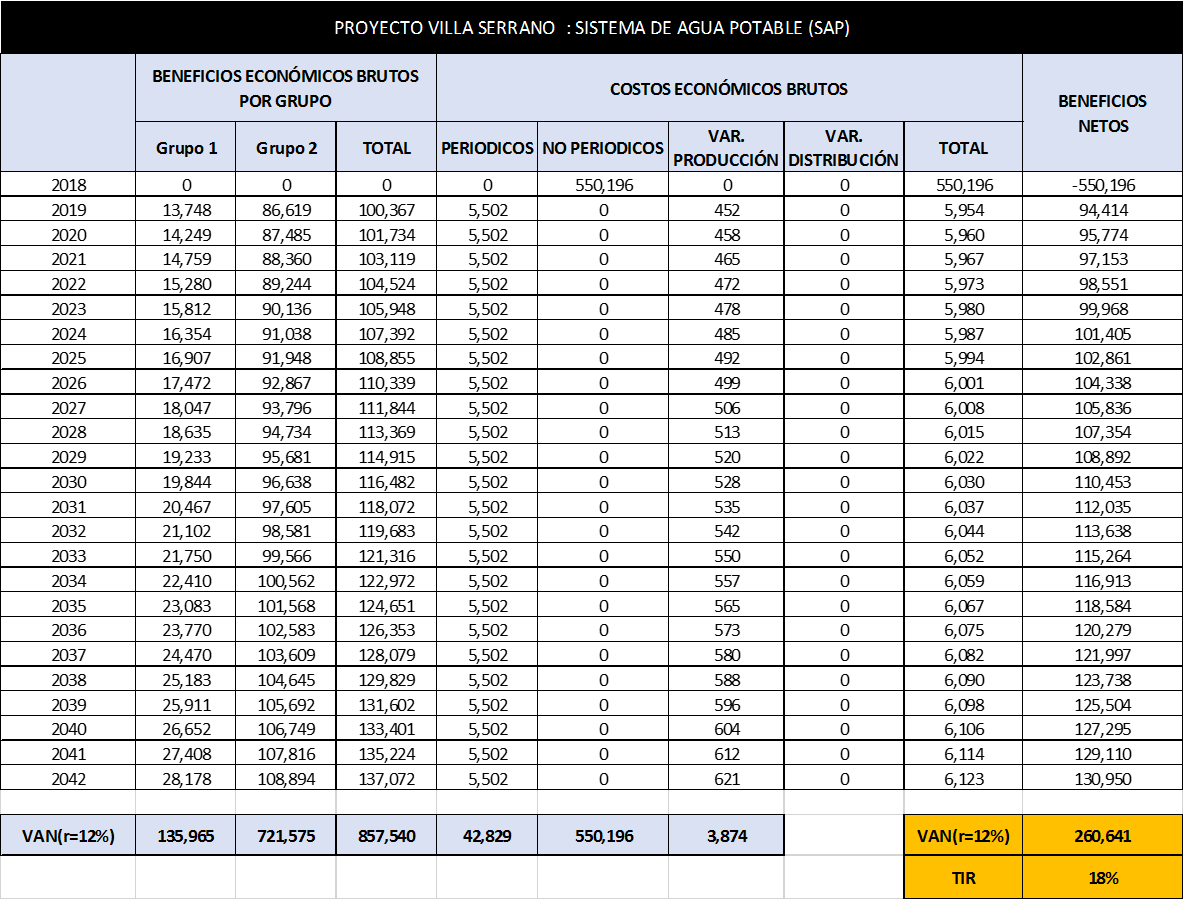


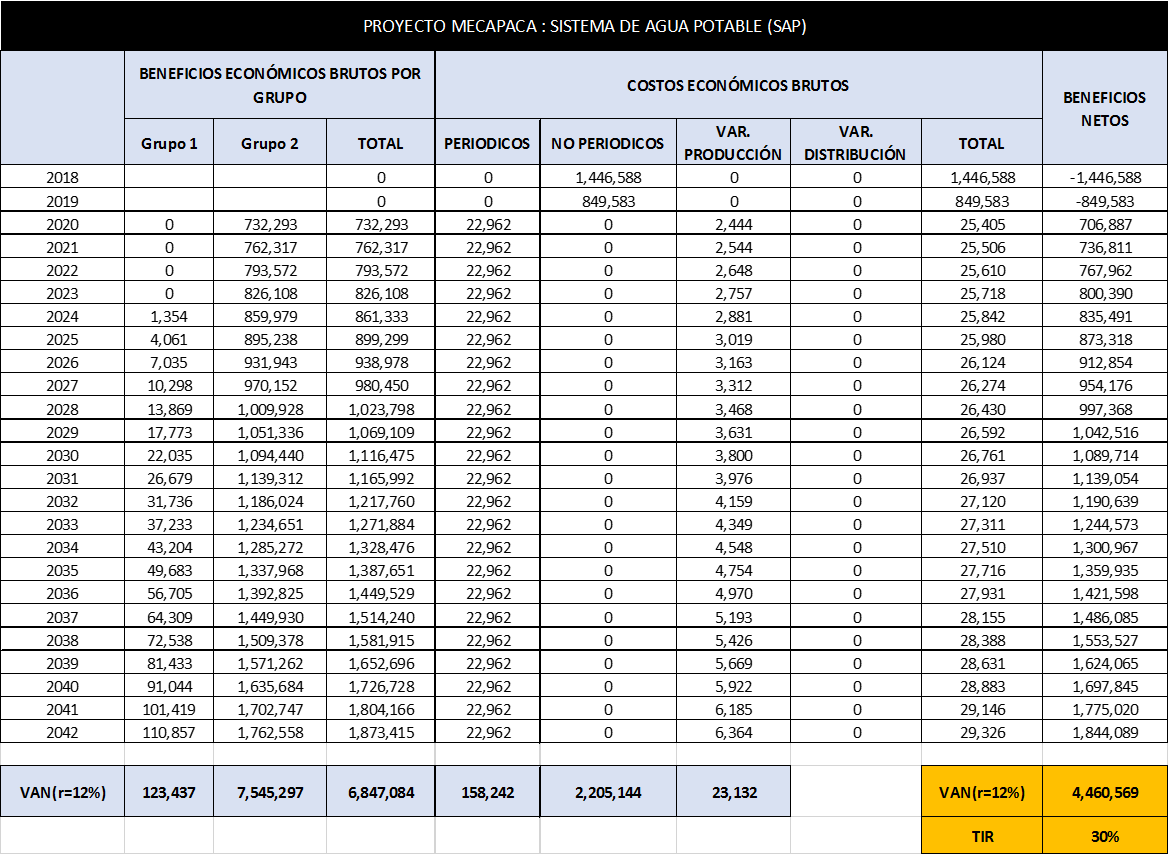












**PROYECTOS DE SANEAMIENTO INDEPENDIENTE (BES)**



**PROYECTOS DE SANEAMIENTO POR RED Y PTAR**

**PROYECTO SANEAMIENTO y PTAR: HUACULLANI**



**PROYECTO SANEAMIENTO y PTAR: VILLA SERRANO**

**PROYECTO SANEAMIENTO y PTAR: COLQUENCHA**



**PROYECTO SANEAMIENTO y PTAR: PAILON**



**PROYECTO SANEAMIENTO y PTAR: HUANUNI**



**PROYECTO SANEAMIENTO y PTAR: ACHACACHI**



**APENDICE B**

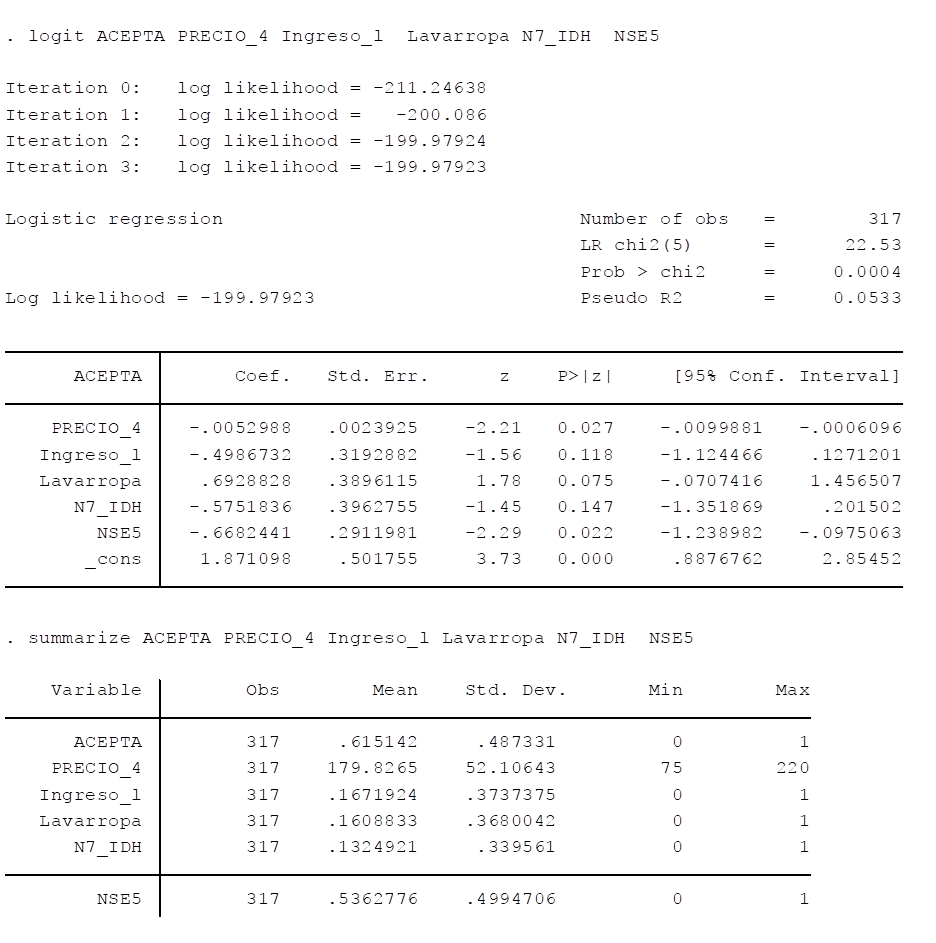
**ANALISIS ECONOMETRICO DE LA ENCUESTA SOCIOECONOMICA**

**Modelo logit de probabilidad de aceptar los proyectos de saneamiento**

Modelo logit para el proyecto de soluciones de saneamiento independiente (BES)



Modelo logit proyecto de red de alcantarillado

****

Modelo logit para proyectos de PTAR



**APENDICE C**

**INFORME DE CAMPO Y CUESTIONARIOS DE LA ENCUESTA SOCIOECONOMICA**

Ver el siguiente link:

<https://idbg.sharepoint.com/teams/EZ-BO-LON/BO-L1184/_layouts/15/DocIdRedir.aspx?ID=EZSHARE-1404194580-72>

1. La ecuación y los resultados de la estimación de la curva de demanda son los siguientes:

   siendo LNCOSME el logaritmo del precio del agua. La estimación fue realizada en base a 700 encuestas realizadas en zonas rurales y periurbanas de Bolivia, con 350 encuestas realizadas en hogares con servicio de agua y 350 en hogares sin servicio en el año 2007 ([enlace estudio](https://idbg.sharepoint.com/teams/EZ-BO-LON/BO-L1184/15%20LifeCycle%20Milestones/Estudio%20demanda%20rural%20Bolivia.rtf)). [↑](#footnote-ref-1)
2. Según los estadísticos de la estimación de la elasticidad de la curva de demanda (nota al pie anterior), el error estándar de la estimación de la elasticidad es igual a 0.0152, lo cual implica que los niveles de confianza de la estimación son muy elevados. A los efectos de mostrar la sensibilidad de los resultados de rentabilidad de los proyectos a variaciones de la elasticidad, se establecieron rangos de variación para la misma de +/- 20%, esto es elasticidades de -0.80 y -0.54 respectivamente. [↑](#footnote-ref-2)
3. Tipo de cambio $Bol/US$ 6.86. [↑](#footnote-ref-3)
4. No se dispuso de un análisis de la distribución de ingresos económicos de las familias en las comunidades correspondientes al programa. Se trata de familias de localidades medianas entre 2,000 y 20,000 habitantes. El cálculo del indicador DAP en términos de % de ingresos de la familia puede estar sobreestimado por una sub-declaración sistemática de los ingresos en este tipo de encuesta. [↑](#footnote-ref-4)