



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:  
UN COMPROMISO PARA EL  
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18  
DE SEPTIEMBRE

20  
20

[www.acofi.edu.co/eiei2020](http://www.acofi.edu.co/eiei2020)

# **PROPUESTA PARA FACILITAR EL ACCESO AL AGUA SEGURA EN COMUNIDADES RURALES A PARTIR DEL PROCESO DE FILTRACIÓN LENTA DE ARENA Y EL EMPRENDIMIENTO SOCIAL**

**Camilo Alberto Torres Parra, Yelinca  
Nalena Saldeño Madero**

**Universidad Católica de Colombia  
Bogotá, Colombia**

**Noé Villegas Flores**

**Universidade Federal da Integração  
Latino - Americana  
Foz do Iguaçu, Brasil**

## **Resumen**

Diseñar y transferir un sistema de tratamiento de calidad del agua a partir de la filtración lenta de arena para comunidades rurales en Colombia que no poseen un correcto abastecimiento de agua para consumo humano, debe ser viable y sostenible en el tiempo. La prevalencia de enfermedades gastrointestinales en las zonas rurales ante la deficiente calidad del agua, supone una clara necesidad de incorporar nuevos componentes de emprendimiento social en el contexto nacional. La construcción de nuevos modelos y estrategias que orienten a nuevas tecnologías que mejoren la calidad del agua hacen imperante la construcción de nuevos planteamientos y directrices asociadas a esta problemática.

En ese contexto, es indispensable concebir una estrategia asociada a la transferencia de tecnología que permita mejorar la calidad del agua, y no solamente al pleno asistencialismo común de entregar el producto, sin tener en cuenta las distintas componentes importantes como la educación comunitaria, la sostenibilidad del proyecto y la adopción de la propuesta por parte de los beneficiarios.

Por lo anterior, desde la línea de investigación de Gestión y Tecnología para la Sustentabilidad de las Comunidades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, con el apoyo de la Universidade Federal da Integração Latino-Americana, a través del Instituto de Tecnología, infraestructura y territorio, se propone un modelo de negocio participativo para facilitar la transferencia de tecnología y que permita mejorar la calidad del agua en comunidades rurales.

El desarrollo del proyecto se entiende bajo el contexto de brindar herramientas de emprendimiento social que apoye, sobre todo, la sostenibilidad del proyecto y la multiplicación de la experiencia en contextos similares.

Para cumplir lo anterior, se ha planteado como base metodológica la filtración lenta de arena por su facilidad en la construcción e implementación en contextos rurales. Además, como un planteamiento de un modelo comunitario caracterizado como negocio participativo. Siendo así, el proyecto aporta elementos en sostenibilidad buscado mejorar las condiciones organolépticas y microbiológicas del agua, la salud pública y el acceso a un recurso vital, a la vez que le permite generar ingresos a las comunidades.

**Palabras clave:** emprendimiento social; comunidades rurales; calidad del agua; filtración

### **Abstract**

*Designing and transferring a water quality treatment system from the slow filtration of sand for rural communities in Colombia that do not have a correct supply of water for human consumption, must be viable and sustainable over time. The prevalence of gastrointestinal diseases in rural areas due to poor water quality, implies a clear need to incorporate new components of social entrepreneurship in the national context. The construction of new models and strategies that guide new technologies that improve water quality make it imperative to build new approaches and guidelines associated with this problem.*

*In this context, it is essential to devise a strategy associated with the transfer of technology that allows improving the quality of water, and not only the full common assistance to deliver the product, without considering the different important components such as community education, sustainability of the project and the adoption of the proposal by the beneficiaries.*

*Therefore, from the research line of Management and Technology for the Sustainability of the Communities of the Faculty of Engineering of the Universidad Católica de Colombia, with the support of the Universidade Federal da Integração Latino - Americana, through the Institute of Technology, infrastructure and territory, a participatory business model is proposed to facilitate technology transfer and to improve water quality in rural communities. The development of the project is understood in the context of providing social entrepreneurship tools that support, above all, the sustainability of the project and the multiplication of experience in similar contexts.*

*To fulfill the above, the slow sand filtration has been proposed as a methodological base due to its ease of construction and implementation in rural contexts. Furthermore, as an approach to a community model characterized as a participatory business. Thus, the project contributes elements in sustainability, seeking to improve the organoleptic and microbiological conditions of water, public health and access to a vital resource, while allowing it to generate income for communities.*

**Keywords:** social entrepreneurship; rural communities; water quality; filtration

## El agua para consumo humano, una problemática social en la zona rural de Colombia

Para el año 2016, en la zona rural de Colombia, el 46,0% (470) de los municipios reportaron datos en donde un 8,6% (88) de los municipios consumían agua sin riesgos microbiológicos en la zona rural, y un 3,7% (38) municipios, donde el agua para consumo humano se clasificó como inviable sanitariamente sobre el total de muestras. En la zona rural, aquellos municipios que presentaron una calidad de agua inviable sanitariamente, se agruparon en 11 departamentos, ubicándose en el Norte de Santander (5), Meta (6) y Boyacá (10). (Ministerio de salud y protección social, 2018).

Por su parte, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, a través de un monitoreo especializado a partir de la toma de muestras y su posterior análisis en laboratorios certificados, en el año 2019 envía un reporte al sistema nacional de vigilancia de la calidad del agua, teniendo en cuenta el cumplimiento de la Ley 1955 (protocolo en la toma de la muestra, custodia de la misma y su posterior análisis) en donde se relaciona el nivel de riesgo en el consumo de agua por población (tabla 1) (Superservicios, 2019).

Tabla 1  
Nivel de riesgo en el consumo de agua por población

Nivel de riesgo del agua	No. Municipio	Población urbana (Proyecciones DANE)	Porcentaje de población
Inviabile Sanitariamente	21	95.259	0,2%
Alto	73	604.463	1,6%
Medio	166	1.298.389	3,4%
Bajo	213	3.095.259	8,1%
Sin riesgo	586	32.993.615	86,2%
Total municipio con información	1.059	38.086.985	99,5%
Total municipio sin información	43	208.768	0,5%
<b>TOTAL</b>	<b>1.102</b>	<b>38.295.753</b>	<b>100%</b>

Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios – Superservicios a partir de Información depurada de los datos del SIVICAP 2018 remitida por el Instituto Nacional de Salud.

Así mismo, los municipios que en la mayoría muestras presentan un nivel de riesgo inviable sanitariamente y alto, son aquellos que están ubicados en departamentos como Tolima, Chocó, Bolívar, Meta y Cauca, donde el suministro de agua es responsabilidad de prestadores privados del servicio de acueducto (Ministerio de salud y protección social, 2018).

## El emprendimiento social como estrategia para transferir un sistema de filtración lenta de arena en comunidades rurales

El emprendimiento social como concepto ha sido asociado, con frecuencia, al concepto de plan de negocio, que más que un modelo, se relaciona a una actitud frente a la vida. Este concepto, no

solamente supone ventajas y beneficios a las personas que desean participar en un proyecto, sino también a todos aquellos que decidan independizarse para generar empresa (al interior de sus comunidades), ya sea con quienes se aproximen a un emprendimiento social o quienes simplemente deseen cumplir con sus proyectos de vida a través de materializar una idea que les genere recursos monetarios (Wompner, 2012).

Por lo tanto, el emprendimiento social puede ser definido como la habilidad de reconocer oportunidades para resolver problemas sociales. El emprendimiento social y su modelo de negocio es una novedosa solución a un problema social que requiere la generación de capital comunitario, razón por la cual, hace uso de la creatividad y de los recursos para satisfacer necesidades sociales de manera sustentable y así crear un impacto social alto generando recursos para sostener el proyecto (Palacios, 2010).

Debido a lo expuesto anteriormente, desde la línea de investigación de Gestión y Tecnología para la Sustentabilidad de las Comunidades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, y con el apoyo de la Universidade Federal da Integração Latino-Americana, a través del Instituto de Tecnología, infraestructura y territorio, se trabaja en función de desarrollar tecnologías que permitan mejorar la calidad de agua para el consumo humano teniendo en cuenta para su desarrollo aspectos de carácter técnico, ambiental, cultural y económico.

Por consiguiente, esta iniciativa pretende generar criterios de liderazgo en las comunidades, incorporando un modelo de generación de recursos económicos a partir de la transferencia de conocimiento, y sobre todo, ante la oportunidad de negocio para hacer frente a la problemática planteada. Es así, como la integración de criterios sostenibles adopta protagonismo en los distintos elementos de emprendimiento social y con todas sus implicaciones políticas, sociales, económicas y culturales, como claves en cualquier proceso de desarrollo donde se requiere de recursos económicos para mejorar la calidad de vida de en comunidades rurales con falencias en el servicio de agua para consumo humano (Herrera, 2009).

En ese orden de ideas, se concibió esta iniciativa bajo la directriz del concepto de emprendimiento social, y apoyado por el desarrollo de un conocimiento práctico (know how) con el claro objetivo de aumentar la capacidad de multiplicar sistemáticamente el proceso en varias comunidades a nivel rural, obteniendo un beneficio económico producto de la construcción y mantenimiento del sistema de filtración definido en la oferta del modelo de negocio.

En la Figura 1 que expone la metodología del modelo de negocio en aras de proponer una organización sistemática durante el desarrollo del proyecto, y que brinde la sostenibilidad necesaria en la comunidad. El modelo de negocio presenta 4 ejes principales que reflejan los nichos de oportunidades del proyecto. Estos 4 nichos son representados en: Infraestructura, oferta, clientes y finanzas, dentro de los cuales son abordados distintos nichos de seguimiento para el éxito del proyecto.

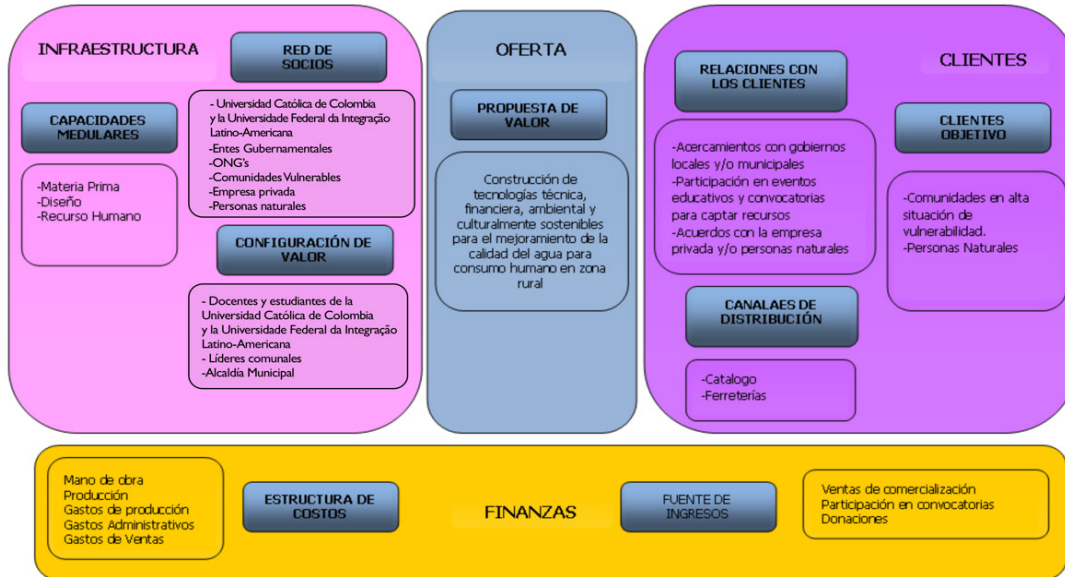


Figura 1. Concepción del modelo de negocio propuesto

## Oferta

En lo que se refiere al filtro lento, este se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua. Su simplicidad, bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para ser implementado en pequeñas comunidades y zonas rurales. Se tiene en cuenta que los costos por área de terreno son comparativamente menores en estas zonas y que, con frecuencia las viviendas son autoconstruidas (Torres, Villanueva, 2014).

Básicamente, en la Figura 2 se ha representado un filtro lento el cual consta de los siguientes elementos: un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua (para desinfectar), un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control establecidos en los elementos de uso sanitario como acoples, válvulas, uniones y grifo (Torres, Villanueva, 2014).

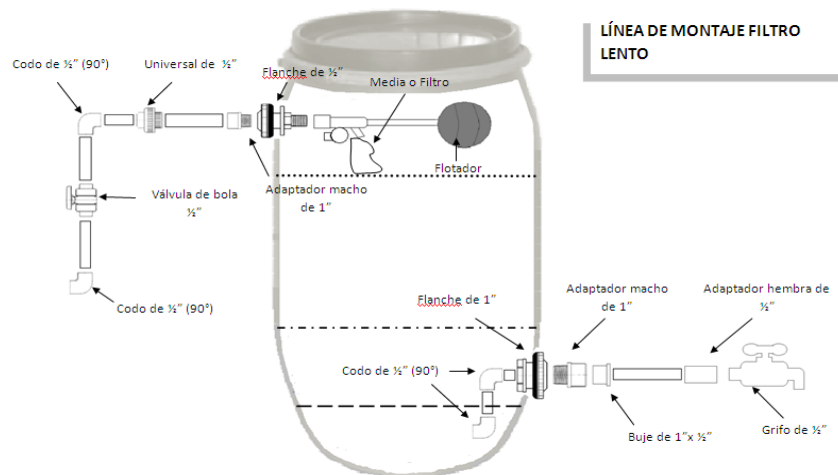


Figura 2. Línea de montaje del filtro

La Filtración Lenta de Arena mejora las condiciones organolépticas del agua como el color, olor y sabor, además de eliminar la turbiedad y microorganismos patógenos causantes de enfermedades gastroenterógenas, razón por la cual esta sencilla tecnología se convierte en un método de fácil transferencia a las comunidades rurales en su construcción, uso y mantenimiento en el aporte de caudales de agua segura a nivel casero. (Organización Panamericana de la Salud, 1997).

## **Clientes**

**Clientes Objetivo:** En este contexto, los principales beneficiados con la instalación de esta tecnología son los grupos más vulnerables al contagio de enfermedades del agua (con frecuencia son adultos mayores de 60 años y niños menores de 5 años). El impacto positivo ante la implantación de esta tecnología es relevante en cuanto a la salud pública y sus “principales clientes”, son las comunidades ubicadas en zona rural colombiana. Por otra parte, la oferta también está dirigida a personas naturales que posean una finca para recreo, y que por motivos estructurales y/o políticos, no puedan acceder a un agua de calidad para consumo humano.

**Relaciones con los clientes:** Participación en eventos con entidades a nivel gubernamental que proporcionen oportunidades de venta y comercialización; divulgación del producto por medios físicos y virtuales (redes sociales) y promover acuerdos con la empresa privada en los cuales haya un compromiso de responsabilidad social para la promoción del producto.

**Canales de distribución:** Catálogos de venta en físico y por medios virtuales (redes sociales), ventas en ferreterías locales y en viviendas de líderes comunitarios.

## **Infraestructura**

**Red de socios:** Universidad Católica de Colombia y la Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Entes Gubernamentales (alcaldías municipales, gobernaciones, corporaciones autónomas regionales), Organizaciones no Gubernamentales, Comunidades rurales (vecinales), la empresa privada a partir de la responsabilidad social empresarial y personas naturales a manera de voluntariados.

**Capacidades medulares:** Para construir los sistemas de filtración propuestos, es necesario contar con la materia prima necesaria (tabla 2), constando de materiales granulares (finos y gruesos), accesorios de almacenamiento, conducción y calibración. Es importante destacar que los materiales granulares deben encontrarse calibrados en lo que respecta a su granulometría y calidad de permeabilidad. Así, la estructura hidráulica principal del filtro debe ser un tanque de 55 galones (preferiblemente de plástico). Además, se debe tener el apoyo de recursos humanos correctamente capacitado que brinde las condiciones de seguridad mínimas e implantar el sistema de forma simple y práctica.

**Tabla 2**

Materia Prima necesaria para el armado del sistema de filtración. Precios año 2020

<b>Materia prima filtro de arena lento</b>			
<b>Componente del sistema</b>	<b>Valor Unitario en pesos colombianos/dólar americano</b>	<b>Componente del sistema</b>	<b>Valor Unitario en pesos colombianos/dólar americano</b>
Semi-codo de 45°	\$5000/1.27\$	Llave satinada	\$41900/10.6\$
Codo de 90°	\$5000/1.27\$	Abrazadera cremallera	\$3900/0.98\$
Universal PVC de 1/2"	\$9900/2.5\$	Cinta teflón	\$1600/0.4\$
Adaptador hembra PVC	\$1700/0.43\$	Registro bola 1/2"	\$15800/3.99\$
Adaptador macho PVC	\$1450/0.36\$	Caneca plástica Galones 55	\$120000/30.3\$
Unión PVC 1/2"	\$4300/1.09\$	Alambre dulce	\$5900/1.5\$
Limpiador PVC 1/4	\$28000/7.07\$	Silicona 70 gramos	\$7.000/1.77\$
Tapón Presión	\$2550/0.64\$	Segueta	\$17900/4.52\$
Tee PVC 1/2"	\$4300/1.09\$	Lija No 400	\$1000/0.25\$
Varilla para tanque	\$36000/9.1\$	Soldadura PVC 1/4	\$55100/13.91\$
Flotador plástico		Tubo PVC 1/2"	\$10150/2.56\$
Válvula tanque 1/2"	\$12900/3.26\$	Arena fina	\$14000/3.54\$
Grava bulto	\$17200/4.34\$	Arena gruesa	\$12000/3.03\$
<b>TOTAL</b>	<b>\$434550/110\$</b>		

**Recursos humanos:** La mano de obra necesaria para la producción del sistema de filtración, está distribuida en dos frentes de trabajo principales: i) frente a las actividades de preparación de materiales y armado del filtro y ii) la comercialización y venta del producto.

**Configuración de valor:** Los perfiles de los emprendedores deben estar dirigidos hacia el servicio comunitario, al emprendimiento social y al trabajo en equipo para que sus comunidades realmente puedan beneficiarse del modelo de negocio con el que se quiere transferir la tecnología propuesta.

**Finanzas:** como en la tabla 3 se especifican los gastos y punto de equilibrio para dimensionar el reto de trabajo al que se deben enfrentar los involucrados en el proceso, si realmente se deciden por procesos participativos y no asistencialistas para mejorar sus condiciones de vida.

**Tabla 3**

Costos variables e indirectos del proyecto en pesos colombianos año 2020

<b>Costos variables (pesos colombianos/dólar americano)</b>	
Materia prima	\$ 4345500/1097\$
Costos Variables por Unidad	<b>\$ 434550/110\$</b>
<b>Costos indirectos (pesos colombianos/dólar americano)</b>	
Preparadores de material	\$ 600000/152\$
Gerente general	\$ 800000/202\$
Director de producción	\$ 600000/152\$
Director de mercadeo	\$ 800000/202\$
Transporte	\$ 330000/83.3\$
Papelería	\$ 325000/82.1\$
Teléfono	\$ 320000/80.8\$
Costo Total Indirecto	\$ 3775000/953.3\$
Total costos	\$ 8120500/2051\$
Costo total unitario	\$ 812050/205.1\$
% utilidad	\$ 81205/20.5\$
Costo de Venta	\$ 893255/225.6\$

El punto de equilibrio relacionado con las unidades a vender por la comunidad que no representen perdidas en su modelo de negocio, está determinado matemáticamente por la ecuación 1:

$$\text{Punto de equilibrio en unidades} = \frac{\text{Costo Total Indirecto}}{\text{Costo de Venta} - \text{Costos Variables por Unidad}}$$

Si el precio de venta por filtro está concebido en un monto de \$ 893255 pesos colombianos (225.6\$ dólares americanos) y el costo variable unitario para su producción es de \$ 434550 pesos colombianos (110\$ dólares americanos), quiere decir que por cada filtro de agua que se venda, contribuirá con \$458705 para cubrir los costos fijos y se tendrá un punto de equilibrio de 8 unidades por sistema de filtración propuesto.

Es decir, la comunidad tendrá que vender 8 filtros en el mes para poder cubrir sus costos y así poder comenzar a generar utilidades. Lo anterior se plantea con el ánimo que la idea de negocio genere dividendos a la población y puedan acceder a agua de calidad e ingresos para el mejoramiento de su calidad de vida.

## Conclusiones

El emprendimiento social puede ser una motivación para las comunidades que requieren de soluciones urgentes para mejorar su habitabilidad y asimismo generar recursos para su sostenibilidad.



Los proyectos de índole social deben tener en cuenta procesos de emprendimiento social para combatir el asistencialismo que ha limitado en sus capacidades para el progreso a las comunidades con alguna carencia en sus necesidades básicas.

Debe cumplirse el punto de equilibrio estimado para que el modelo de negocio no se torne insostenible, para esto, es necesario que a la comunidad se le brinden procesos de capacitación en la parte financiera, de atención al cliente y de competitividad.

## Referencias

- Herrera, H. (2009). Investigación sobre redes sociales y emprendimiento: revisión de la literatura y agenda futura Innovar. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 19(33), 19-33.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2016*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/ssa-inca-2016.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (1997). *Guía Latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento*. Costa Rica: Barsant.
- Palacios, G. (2010). Emprendimiento social: integrando a los excluidos en el ámbito rural. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. XVI, núm. 4, pp. 579-590. *Revista de Ciencias Sociales*, XVI(4), 579-590.
- Superservicios. (2019). *Superservicios-Superintendencia de servicios públicos domiciliarios*. Obtenido de <https://www.superservicios.gov.co/sala-de-prensa/comunicados/nuestro-reto-es-mejorar-la-calidad-del-agua-que-consu>
- Torres, C., & Villanueva, S. (2014). *El filtro de arena lento: manual para el armado, instalación y monitoreo*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Wompner, F. (2012). EL EMPRENDIMIENTO COMO FACTOR DE MOVILIZACION SOCIAL. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*.

## Sobre los autores

- **Camilo Alberto Torres Parra:** Ingeniero Ambiental y Sanitario de la Salle, especialista en Gerencia de Proyectos de Ingeniería de la Universidad EAN, Maestro de la Educación del Tecnológico de Monterrey. Docente investigador del programa de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia. Email: catorres@ucatolica.edu.co
- **Yelinca Nalena Saldeño Madero:** Ingeniera Civil de la Universidad Central de Venezuela en Caracas – Venezuela. Doctora en Gestión del Territorio e Infraestructura del Transporte de la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona – España. Docente investigadora del programa de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia. Email: ynsaldeno@ucatolica.edu.co
- **Noé Villegas Flores:** Ingeniero civil por el Instituto Tecnológico de Durango en México. Especialista en evaluación de proyectos en el área de vías terrestres e modelos estratégicos

de transporte. Maestro en Ingeniería de la construcción por el Instituto Tecnológico de Durango, en México y Doctor por la Escuela de caminos, canales y puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña, en España. Docente investigador del curso de ingeniería civil de infraestructura de la Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Email: noe.flores@unila.edu.br

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)