

**Proyecto “MECANISMOS y REDES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
RELACIONADA CON EL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA y EL  
CARIBE” (RG- T2384)**

**Financiado por GEF/FMAM e implementado por el BID**



**“Sistemas Fotovoltaicos en Instituciones Educativas de la  
Subregión Sanquianga”  
Nariño, Colombia**

**RESUMEN DEL PROYECTO**

**Versión 4**

**Septiembre 2018**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Siglarío.....	4
1 Resumen del Proyecto .....	5
2 Caracterización de Escuelas .....	8
3 Sistema de tratamiento de Agua.....	11
3.1 Tipos de demanda de agua identificados:.....	12
3.2 Sobre las fuentes de agua .....	13
3.3 Configuración propuesta.....	14
3.4 Criterios de asignación de prototipos a escuelas.....	15
3.5 Aguas residuales.....	15
3.6 Kits Agua –propuestos.....	16
4 Kits FV.....	18
4.1 Conclusiones del análisis de información .....	18
4.1.1 Perfil diario de demanda .....	18
4.1.2 Receptores.....	19
4.2 Criterios para definición de Prototipos .....	19
4.3 Kits FV propuestos.....	20
4.4 Criterios de asignación de Kits FV a escuelas .....	23
5 Costeo.....	23
5.1 Costes Directos de O&M .....	23
5.2 Reposición .....	23
5.3 Otros costes.....	23
5.4 Subtotales por Kit.....	23
6 Modelo de Gestión.....	26
6.1 Simulación Financiera del Proyecto .....	29
6.1.1 Resultados Prodegee escenario estudiado .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

1- Diagrama de actores y de flujo de pagos; en azul oscuro flujo de pagos recurrentes del proyecto; en flecha con contorno en puntos, donación inicial; la moneda social paga servicios y costes que no “salen” del proyecto.....	7
2 – Diagrama de Flujo de Actividades, Agua .....	11
3- Esquemático de solución propuesta para tratamiento de agua (Fuente: TTA).....	14
4 – Metodología empleada .....	18
5 – Diagrama de Flujo de Actividades, FV .....	18
6 – Perfiles estimados según información recopilada .....	19
7- Unifilar indicativo de Kit 1+1BAT1+1FV .....	21
8- Plano indicativo de generador fotovoltaico de Kit1 .....	22
9- Diagrama de actores y de flujo de pagos; en azul oscuro flujo de pagos recurrentes del proyecto; en flecha con contorno en puntos, donación inicial; la moneda social paga servicios y costes que no “salen” del proyecto.....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

1 – Asignación de Kits FV a escuelas .....	6
2 – Asignación de Kits Agua a escuelas .....	6
3 – Resultados de información recopilada (encuestas/ visitas).....	9
4 – CE visitados.....	10
5 – Listado de muestras analizadas en laboratorio.....	12
6 – Definición de los Kits Agua .....	15
7- Resumen de Componentes para cada Kit Agua.....	17
8 – Definición de Kits FV en función de las agrupaciones de demanda estimada y componentes ..	20
9 – Cantidad de componentes en los diferentes Kits FV y sus combinaciones/ ampliaciones.....	20
10 – Listado final de Kits FV y sus componentes.....	21
11 – Estimación de presupuesto por Kit FV .....	24
12 – Estimación de presupuesto por Kit Agua .....	25

## Siglarío

<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>CE</b>	Centros Educativos
<b>DD</b>	Demanda Diaria
<b>FB</b>	Fundación Bariloche
<b>FMAM</b>	Fondo de Medio Ambiente Mundial
<b>FV</b>	Fotovoltaico/a
<b>GIIEE</b>	Grupo de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica
<b>RESCO</b>	Empresa de servicios de energía renovable
<b>TTA</b>	Trama Tecnoambiental S.L.
<b>UDENAR</b>	Universidad de Nariño

## 1 Resumen del Proyecto

Este informe de resumen sirve para ilustrar la metodología general seguida, los resultados y las conclusiones de los diferentes apartados que componen el Proyecto:

- 1 Caracterización de escuelas (Encuestas y Visitas de Campo)
- 2 Informe de Tratamiento de Agua
- 3 Diseño de prototipos FV
- 4 Costeo
- 5 Modelo de Gestión y Herramienta Prodegee (simulación financiera del Proyecto)

Esta consultoría responde a la solicitud de la Gobernación de Nariño y de la Universidad de Nariño (UDENAR), a través del Grupo de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (GIIEE). Se ejecuta en el marco del proyecto “*Mecanismos y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y el Caribe*”, implementado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), financiado con recursos del Fondo para Medio Ambiente Mundial (FMAM) y ejecutado por la Fundación Bariloche. Tiene como objetivo:

- Diseñar y costear soluciones tecnológicas con base en energía solar para satisfacer requerimientos de energía y agua potable en establecimientos educativos.
- Proponer un modelo de gestión que asegure la sostenibilidad de este tipo de soluciones tecnológicas y brindar capacitación

Los establecimientos educativos o centros educativos (CE) inicialmente identificados por UDENAR fueron 104, en la región de Sanquianga, en 5 municipios: Mosquera, La Tola, Olaya Herrera, El Charco y Santa Bárbara.

El enfoque dado por el equipo consultor es proponer un número limitado de prototipos de FV y de Agua que puedan atender la demanda identificada en el universo identificado de CEs. Y, Además, proponer un modelo de gestión para la implementación del proyecto, que garantice la sustentabilidad desde sus cuatro dimensiones: *medioambiental, social, económica y técnica* y que esté alineado con el Plan Participativo de Desarrollo Departamental “2016-2019 Nariño Corazón del Mundo”, contribuyendo al cumplimiento de un buen número de indicadores. Como valor añadido se ha completado la herramienta Prodegee, que permite realizar proyecciones financieras para proyectos de servicios energéticos como los de este proyecto, herramienta que el GIIEE-UDENAR pueden utilizar para ajustar enfoques y simular la implementación del proyecto.

En la propuesta se han definido Kits FV y Kits de tratamiento de agua, que se han asignado a las escuelas identificadas (en el escenario simulado, a 110 centros educativos). Se han definido 7 Kits FV y 8 Kits de Agua.

#	Kit FV	Cantidad de Escuelas asignadas (para herramienta Prodegee)
1	001. KIT1-0	0
2	002. KIT1-1FV	53
3	003. KIT1-1BAT1-2FV	24
4	004. KIT2-2FV-1OND	6
5	005. KIT1-1BAT1-1FV	2
6	006. KIT2-0	18
7	007. KIT2-1BAT2-3FV-1OND	7
Subtotal		110

#### 1 – Asignación de Kits FV a escuelas

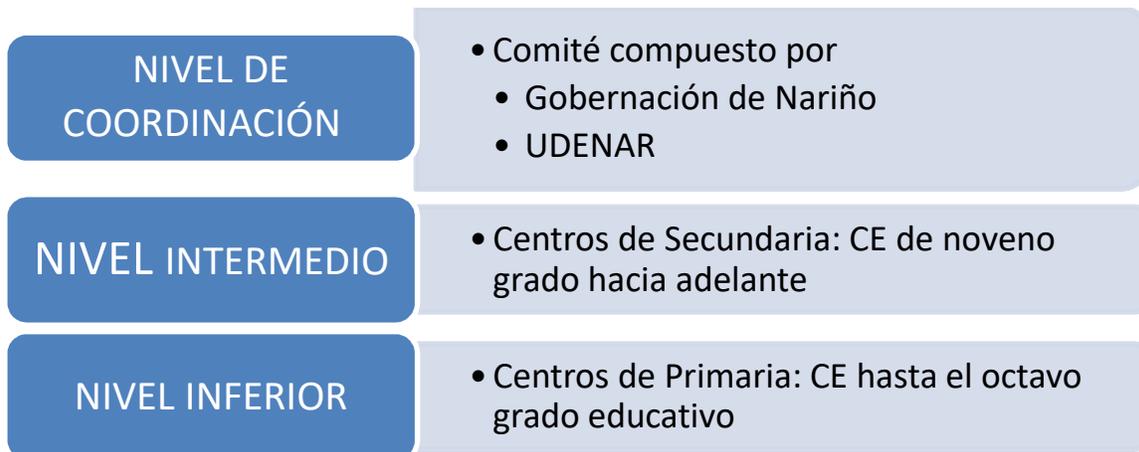
Tipo de KIT Agua	Código del Kit de Agua	Acumulación de agua cruda (litros)	Volumen de agua de boca (litros/hora)	Bomba	Cantidad de escuelas
1	Agua 1-0.5-500 B1	500	500	1	26
2	Agua 2-1-500 B1	1000	500	1	41
3	Agua 3-2-500 B1	2000	500	1	26
4	Agua 4-3-1000 B2	3000	1000	2	6
5	Agua 5-3-500 B1	3000	500	1	1
6	Agua 6-4-1000 B1	4000	1000	1	2
7	Agua 7-6-1000 B1	6000	1000	1	3
8	Agua 8-8-3000 B2	8000	3000	2	5
Subtotal					110

#### 2 – Asignación de Kits Agua a escuelas

El modelo de gestión propuesto busca garantizar la sustentabilidad desde sus cuatro dimensiones: *medioambiental, social, económica y técnica*; y desde su concepción de sustentabilidad fuerte. También fue alineado con los ejes, programas, subprogramas, objetivos específicos, metas de resultado y metas de producto definidos en el Plan Participativo de Desarrollo Departamental “2016-2019 Nariño Corazón del Mundo”, de forma que, garantizando en todo momento su coherencia estructural y estratégica, permita el cumplimiento de un buen número de indicadores.

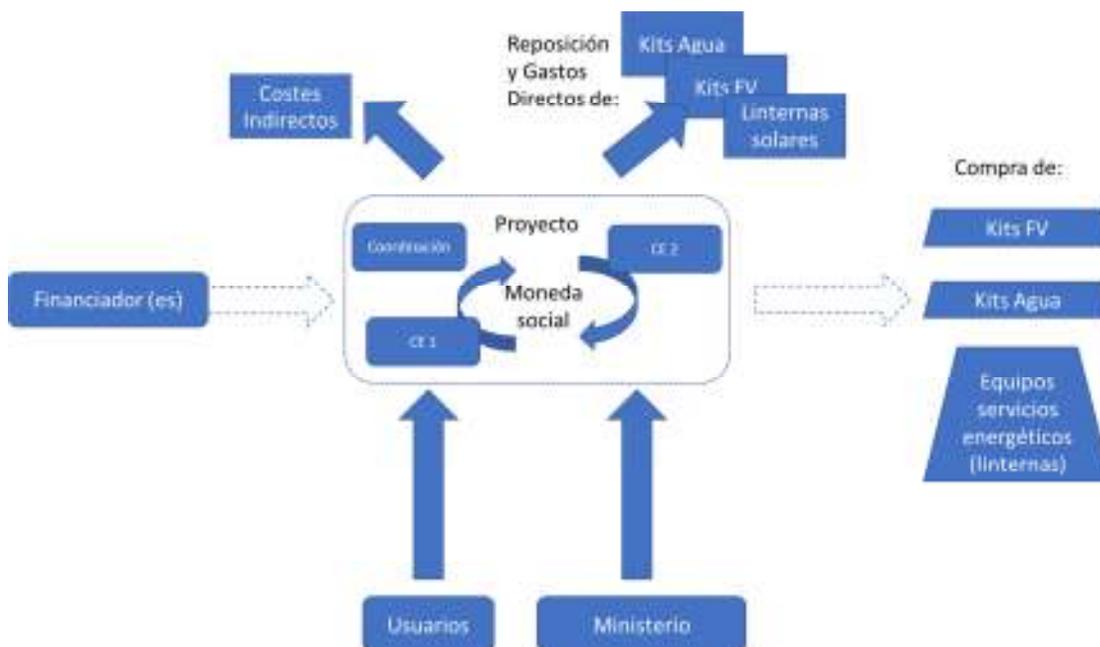
Para alcanzar los anteriores objetivos, se propone un modelo de gestión basado en siete componentes estratégicos, uno de los cuales es el “Componente 2: Crear escuelas-RESCO”: Crear una empresa de servicios de energía renovable (RESCO) gestionada desde la UDENAR, que utilice los C.E. secundaria como gestores locales, y que además del mantenimiento de los equipos

instalados en los C.E. también ofrezca servicios de energización a la comunidad. Se propone que la RESCO estaría estructurada a tres niveles:



Asimismo, se propone un “Componente 3. Fomentar la Economía Colaborativa”: Implementar una moneda social y aceptarla como medio de pago de parte de los servicios ofrecidos por la RESCO a la comunidad, así como pago de incentivo a profesores, maestros y alumnos.

En este contexto, se definen roles y responsabilidades que se asocian a flujos de pago dentro del modelo propuesto, para buscar la sostenibilidad financiera del proyecto, según el esquema siguiente:



1- Diagrama de actores y de flujo de pagos; en azul oscuro flujo de pagos recurrentes del proyecto; en flecha con contorno en puntos, donación inicial; la moneda social paga servicios y costes que no “salen” del proyecto

Para el Escenario analizado, con la herramienta Prodegee se puede simular los valores de inversión, costes operativos, contribuciones de cada actor etc.

- Inversión inicial Total aproximadamente 8.000 MCOP o 2.7 MUSD
  - o En Kits FV: 6.400 MCOP
  - o En Kits Agua: 2.000 MCOP
  - o En equipos para servicios energéticos (Linternas solares): 600 MCOP

En el capítulo correspondiente y en el Informe con más detalle, se ofrecen los resultados.

En el ámbito ambiental se puede estimar el potencial de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) considerando un hipotético caso de generación con base diésel en las escuelas. Así, las plantas fotovoltaicas instaladas desplazarían la generación diésel contribuyendo a reducir las emisiones de GEI vinculadas<sup>1</sup>.

Kit FV instalado	Cantidad por tipo	Capacidad por tipo, kWp	Capacidad total por tipo, kWp
002. KIT1-1FV	53	1.56	82.68
003. KIT1-1BAT1-2FV	24	2.34	56.16
004. KIT2-2FV-1OND	6	3.9	23.4
005. KIT1-1BAT1-1FV	2	1.56	3.12
006. KIT2-0	18	2.34	42.12
007. KIT2-1BAT2-3FV-1OND	7	4.68	32.76
<b>Subtotal</b>	110		240.24

Se estima por lo tanto que la generación desplazada por los 240.24 kWp podría ser de 210,888.68 kWh/año y, si esta cantidad fuera producida por generadores diésel, la reducción potencial de GEI sería de 168.71 tCO<sub>2eq</sub>/año.

A continuación, se resumen los diferentes Informes de la Consultoría.

## 2 Caracterización de Escuelas

El listado de CE identificados ha aumentado durante las consultas e investigaciones a 123 CE declarados por los coordinadores de regionales de educación y consta que hay más en la región (según declarado por la Gobernación), a los que se podría incluir en etapas futuras del proyecto.

Se ha recopilado información secundaria a través de una campaña de encuestas enviada de forma electrónica a los diferentes coordinadores de educación de los municipios, para actualizar

<sup>1</sup> Considerando un factor de emisiones de 0.8 tCO<sub>2eq</sub>/MWh (*Renewable electricity generation for captive use and mini-grid*, UNFCC AMS-I.F CDM Methodologies, 2014); considerando una radiación de 3.7 horas-pico (peor caso) y factor de aprovechamiento de las plantas fotovoltaicas 0.65

información obsoleta e indagar, como mínimo, sobre datos importantes de cada CE (número de estudiantes, número de computadores en activo, horarios de funcionamiento, actual acopio de agua) e intentar recabar información complementaria (otros usos de electricidad etc.). Se ha contado con la valiosa colaboración de los Coordinadores de Educación de los municipios, cuyo contacto queda también como resultado de la consultoría.

La siguiente tabla resume las cantidades de respuestas recibidas:

Municipio	Encuestas recibidas (o visitadas)	Total de escuelas en lista final
Santa Bárbara	15	31
La Tola	2	16
El Charco	16	25
Mosquera	9	9
Olaya Herrera	40	42
<b>Totales</b>	<b>82</b>	<b>123</b>

### 3 – Resultados de información recopilada (encuestas/ visitas)

Por otro lado, para tener una visión de primera mano de la realidad de los CE, el equipo consultor desplazó a 3 profesionales en una misión de terreno para visitar una muestra lo más representativa posible de la diversidad de dimensiones de los CE (se visitaron 14 escuelas), para recabar información para el dimensionado FV y de sistema de tratamiento de Agua. Para esto último, se pudieron tomar muestras in-situ en 14 escuelas de parámetros básicos, y 5 muestras que fueron enviadas para analizar en laboratorio.

N°	Nombre del establecimiento	Municipio	Vereda	Coordenadas	Estudiantes / personal
1	Centro Educativo Alfonso López	El Charco	Alfonzo López	N02°20" 04.3" W 078° 07" 48,2" msnm 8	32
2	Centro educativo el Hojal	El Charco	El Hojal	N02° 21" 17,0" W078° 07" 41,8" msnm 5	75
3	Institución educativa el Hormiguero	El Charco	El Hormiguero	N02° 24" 53.4" W078° 06" 33.4 msnm -3	270
4	Centro Educativo Mero Indígena	El Charco	El Mero	N02° 26" 12.7" W078° 06" 18.2" Msnm 4	45
5	Centro Educativo la Poija	La Tola	La Poija	N02° 27" 16.6" W078° 11" 22.0" Msnm 5	21
6	Centro Educativo Pangamosa	La Tola	Pangamosa	N02° 32" 42.7" W 078° 12" 52.9" Msnm -1	31
7	Centro Educativo San Pablo de la Mar	La Tola	San Pablo de la Mar	N02° 32" 15,6" W 078° 14" 21.2" Msnm 6	271
8	Institución Educativa San José de Calabazal	Olaya Herrera	San José de Calabazal	N02° 26" 41.6" W 078° 15" 27.3" Msnm 4	270
9	Institución Educativa Agropecuaria Rio Sanquianga	Olaya Herrera	Herradura	N02° 18" 32.8" W 078° 21" 55.5" Msnm 12	457
10	Centro Educativo Vuelta Larga	Olaya Herrera	Vuelta Larga	N02° 16" 39.2" W078° 21" 20.8"	0
11	Centro Educativo Boca de Prieta	Olaya Herrera	Boca de Prieta	N02° 17" 01,6 W 070° 21" 12.1" Msnm 6	6
12	Centro Educativo Firmes Cifuentes	Mosquera	Firmes Cifuentes	N02° 34" 28.0" W078° 25" 12.1" Msnm 6	88
13	Centro Educativo Tasquita	Mosquera	Tasquita	N02° 26" 68,9" W 078° 16" 44.2" Msnm 6	16
14	Centro educativo Miel de Abejas	Mosquera	Miel de abejas	N02° 29" 14,8" W 078° 24" 72,5" Msnm 5	98

4 – CE visitados

Con la información recopilada se han realizado los estudios de prototipos para tratamiento de Agua y para las plantas FV (Kits FV).

### 3 Sistema de tratamiento de Agua

El ámbito de este estudio es el uso de agua potable/purificada en escuelas rurales, de comunidades donde no existe acceso permanente a servicios como la electricidad o el tratamiento de agua.

En este punto el equipo consultor ha seguido, en un principio, la exigencia de no emplear químicos, según Términos de Referencia de la consultoría, y por lo tanto ha propuesto alternativas al uso de la desinfección con cloro, según se explica en el informe correspondiente. En acuerdo con comentarios finales del Grupo de Química de la UDENAR, se opta por un sistema basado en microfiltración, tratamiento UV y cloro residual.

La implementación del proyecto deberá coordinar con las exigencias de las autoridades relevantes y por lo menos revisar la calidad del agua servida con equipos de medición in-situ, una vez al año (cuyo coste no se ha contemplado en esta propuesta).

A continuación se presenta el Diagrama de bloques de Metodología:



2 – Diagrama de Flujo de Actividades, Agua

Como información de partida, durante las visitas de campo el equipo consultor ha recopilado información para análisis en dos formas:

1. Aparato multivariable para analizar muestras in-situ en escuelas visitadas
2. Muestras analizadas en laboratorio (Laboratorio Del Valle): debido a la limitación de toma de muestras y llegada al laboratorio en menos de 24h, con la lejanía de los municipios hasta el mismo, sito en Pasto, se han podido recopilar muestras y envío para análisis en 5 escuelas (de Mosquera).

Se puede determinar que el agua de lluvia, pozo subterráneos y fuentes hídricas superficiales de las instituciones educativas intervenidas durante la jornada de muestreo referente al análisis fisicoquímico y microbiológico dio como resultado una calidad de agua que, comparada con la norma, en este caso con la resolución 2115 del 2007, se cumple en unos aspectos pero incurre en el incumplimiento de otros.

Sobre las muestras analizadas en Laboratorio del Valle<sup>2</sup> propuesto un concepto técnico que se resumen en la siguiente tabla:

Fuente/Escuela	Agua Lluvia	Pozo	Fluvial	Caracterización de fuente según Laboratorio del Valle	Tratamiento propuesto
Firme Cifuentes	X			Regular	Filtración lenta (arena) + Desinfección (cloro)
Pangamoza		X		Aceptable	Desinfección (cloro)
Calabazal	X			Aceptable	Desinfección (cloro)
Sanquianga			X	Aceptable	Desinfección (cloro)
Boca de prieta	X			Aceptable	Desinfección (cloro)

[5 – Listado de muestras analizadas en laboratorio](#)

### 3.1 Tipos de demanda de agua identificados:

Durante las visitas se han identificado los siguientes usos del agua:

- Agua para beber
- Higiene personal
- Cocina, preparación de comidas
- WC
- Limpieza

<sup>2</sup> Cuando se realizaron las visitas de campo el Laboratorio de Aguas de UDENAR estaba inactivo por vacaciones y por lo tanto se contrató al Laboratorio del Valle para realizar los análisis

De estos, es importante realizar una clara distinción de calidades requeridas, en un principio, de forma cualitativa, para analizar con exactitud el volumen real que necesariamente requiere tratamiento.

Usos que requieren agua tratada	Usos que pueden suministrarse con agua no tratada
Agua para beber	WC
Higiene personal	Limpieza
Cocina, preparación de comidas	

Así, con un criterio de eficiencia y planificación se evita tener que dimensionar mayores volúmenes de agua tratada, y consecuentemente mayores y más costosos de sistemas de tratamiento y por ende más costos también de operación y mantenimiento. Este enfoque se ilustra en la imagen que sigue:

### 3.2 Sobre las fuentes de agua

De las encuestas se tiene la siguiente información:

- el número de escuelas que usan pozos es mucho mayor que en las visitas; el 40 % de la muestra dispone al menos de pozo, aunque combina esta fuente con otras (lluvia y fluvial)
- la lluvia sigue siendo ampliamente utilizada, 38%, también combinada con otras fuentes.
- También se observa que el empleo de aguas superficiales fluviales es muy frecuente, 57% de los centros, combinada con otras fuentes.

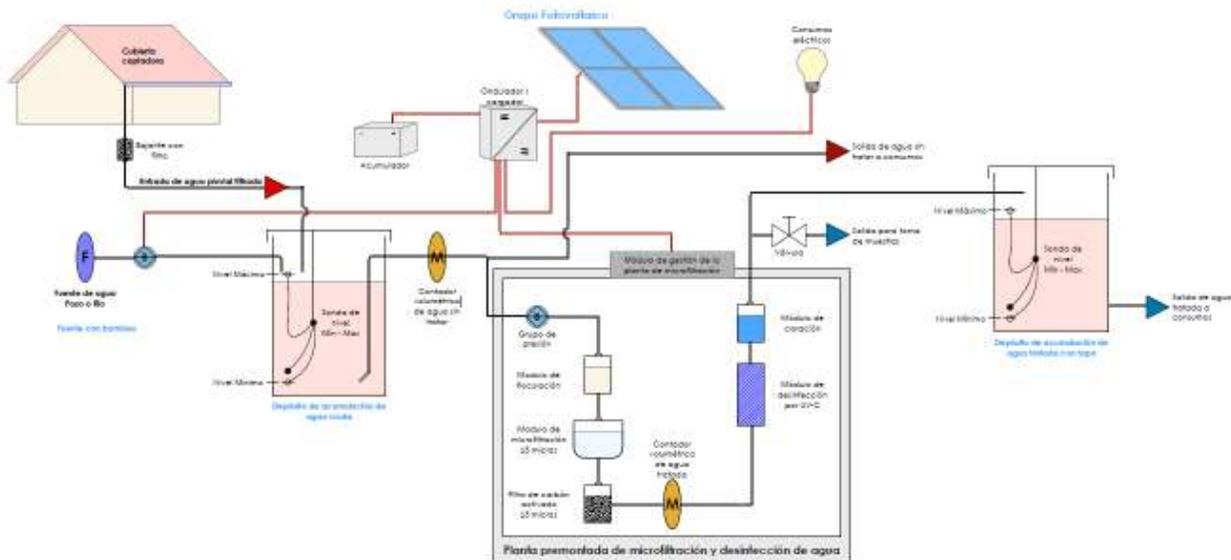
Como conclusión, se tiene:

- Agua de lluvia: sería una buena opción, por la calidad de partida, para suplir la demanda de agua tratada, pero tiene complejidad por su carácter estacional y por la necesidad de almacenamiento o por la falta en meses de sequía, y además, de implementación, ya que se hace muy complejo especificar una solución, aprovechando superficies construidas, de cuyo estado y posible aprovechamiento no se tiene información precisa, que pudiera garantizar una implementación exitosa
- Pozo: según las encuestas es bastante frecuente, casi en la mitad de los casos hay pozo y según se ha recopilado, exige esfuerzos de obra razonables, a muy baja profundidad y probablemente puede proporcionar volumen solicitado durante todo el año.
- Río: según las encuestas la mayoría de las escuelas utiliza el agua de río, que puede proporcionar volumen solicitado durante todo el año.

Por lo tanto se contará con el pozo o el río como fuente, según declarado por la escuela en las encuestas.

### 3.3 Configuración propuesta

Con la solicitud de GIIEE-UDENAR de considerar la opción de cloración, la solución estándar de potabilización segura del agua es la siguiente:



#### 3- Esquemático de solución propuesta para tratamiento de agua (Fuente: TTA)

- Captación mediante bomba de agua en pozo o en un río alimentada por un cable eléctrico desde la planta FV común en la escuela. Con el fin de alargar la vida de las baterías, la bomba tendrá regulado su funcionamiento mediante sensores de nivel en el depósito principal de agua cruda y en el propio pozo para evitar su funcionamiento con bajo nivel de agua en éste, así como un programador horario para conseguir que la puesta en marcha de la bomba se limite a las horas con más probabilidad de disponer de radiación solar directa, por ejemplo entre las 11 i las 15 h, dependiendo de la ubicación y orientación del campo solar, o de la cantidad de agua necesaria diariamente.
- Desde el depósito de agua cruda, se distribuirá agua a los distintos puntos de consumo. El depósito de agua cruda alimenta dos circuitos:
  - 1) el que alimenta un circuito de consumo de agua cruda no tratada ni purificada para consumos que no lo precisan
  - 2) el circuito que purificará el agua cruda para distribuirla a los puntos de agua para bebida, preparación de alimentos e higiene personal. Este segundo circuito distribuirá agua purificada y desinfectada gracias a una estación compacta y premontada formada por un conjunto de módulos destinado a la purificación y desinfección de agua, que podrán variar en función del caudal requerido y de los contaminantes presentes en el agua cruda captada.

### 3.4 Criterios de asignación de prototipos a escuelas

En este estudio, se ha relacionado el consumo de agua (tratada o no tratada) por usuario y, por lo tanto, el criterio de asignación de prototipos a las diferentes escuelas se hará en base al número de estudiantes, es decir, por volumen total del sistema.

Obviamente, como en toda estandarización, la asignación de una escuela a una agrupación tendrá que ser con el criterio de cumplir con la demanda mínima.

En relación con los criterios de asociación de escuelas a sistemas, los criterios son:

1. Volumen de agua cruda por día
2. Volumen de agua de boca por día
3. Bomba 1 o 2 según se ha explicado en apartados anteriores

Se emplea la siguiente codificación para distinguir los “kits” de agua:

1. Número de Kit, entre el 1 y 8, para poder distinguirlo de forma corta “Kit 1”
2. Volumen de agua cruda por día: por ejemplo, “0.5” para los sistemas de 500 litros/día o menos y así sucesivamente
3. Volumen de agua de boca por día: por ejemplo, “500” para sistemas de capacidad de 500 l/hora
4. Bomba 1 o 2 según se ha explicado en apartados anteriores: B1 o B2

Tipo de KIT Agua	Código del Kit de Agua	Acumulación de agua cruda (litros)	Volumen de agua de boca (litros/hora)	Bomba
1	Agua 1-0.5-500 B1	500	500	1
2	Agua 2-1-500 B1	1000	500	1
3	Agua 3-2-500 B1	2000	500	1
4	Agua 4-3-1000 B2	3000	1000	2
5	Agua 5-3-500 B1	3000	500	1
6	Agua 6-4-1000 B1	4000	1000	1
7	Agua 7-6-1000 B1	6000	1000	1
8	Agua 8-8-3000 B2	8000	3000	2

#### 6 – Definición de los Kits Agua

### 3.5 Aguas residuales

Como comentario adicional, casi cualquier consumo de agua genera un flujo de aguas residuales, especialmente cuando se utiliza agua para el arrastre de deyecciones humanas. Ello conlleva crear focos de contaminación que normalmente acaba llegando a los ecosistemas acuáticos, incluidas las aguas freáticas. Habría que plantear, por lo tanto, si sería recomendable incluir dentro del proyecto de “electricidad+agua” para las escuelas rurales una recomendación para resolver el problema de las aguas residuales, tanto en forma de tratamiento de aguas usadas, como en su

minimización mediante el empleo de sanitarios secos. Se proporciona un anexo explicativo en el informe correspondiente.

### **3.6 Kits Agua –propuestos**

Finalmente, se han definido los Kits Agua con los siguientes Componentes:

	0.5-500 B1	1-500 B1	2-500 B1	3-500 B1	3-1000 B2	4-1000 B1	6-1000 B1	8-3000 B2
<b>Captación</b>								
Bomba para bombeo de caudal 0,7 kW, pozo	0	0	0	0	1	0	0	1
Bomba para bombeo de caudal 0,5 kW, pozo	1	1	1	1	0	1	1	0
Tubo de polietileno	20	20	20	20	20	20	20	20
Conductor de cobre	20	20	20	20	20	20	20	20
Filtro para bajante de agua de cubierta	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Acumulación</b>								
Depósito aguas crudas	0.5	1	2	3	3	4	6	8
Válvula manual	1	1	1	1	1	1	1	1
Interruptor de nivel	1	1	1	1	1	1	1	1
Programador horario	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Tratamiento de agua</b>								
Sistema de 500 l/h	1	1	1	1				
Sistema de 1000 l/h					1	1	1	
Sistema de 3000 l/h								1
Tanque de agua Tratada	0.12	0.12	0.12	0.12	0.2	0.2	0.2	0.3

7- Resumen de Componentes para cada Kit Agua

## 4 Kits FV

La metodología de diseño tiene dos partes principales interrelacionadas, la primera de ellas es el procedimiento de diseño del sistema de captación y purificación de agua, la segunda parte es el procedimiento de diseño del generador fotovoltaico, que dará energía al sistema de captación y purificación y además al centro educativo, supliendo la demanda energética esperada. La primera determinación es de Demanda de Energía Diaria (EDA) para después diseñar los kits FV y finalmente asignarlos en función del rango de EDA esperado en cada escuela.



4 – Metodología empleada

En global el método seguido ha sido el siguiente:



5 – Diagrama de Flujo de Actividades, FV

### 4.1 Conclusiones del análisis de información

#### 4.1.1 Perfil diario de demanda

Se determina que puede haber escuelas con dos tipos de perfiles. Más adelante se especifica la demanda diaria de diseño de cada uno de los perfiles. En el caso del perfil mixto, se considera que hay escuelas que pueden tener demanda nocturna, o incluso algunas que puedan tener anexa una casa de docente, con demanda nocturna.



#### 6 – Perfiles estimados según información recopilada

La asignación en este informe se hace de acuerdo con las respuestas recibidas en las encuestas, de aquellas escuelas que hayan indicado tener casa de maestro o demanda nocturna y aquellas que hayan indicado tener demanda solamente diurna. Sin embargo, los prototipos quedan diseñados y costeados. Con estos prototipos y con las herramientas presentadas (Prodegee) el GIIEE-UDENAR o la Gobernación pueden modificar la asignación de prototipos si, por ejemplo, juzgan que todas las escuelas tienen que tener un perfil mixto, o si toman la decisión de hacer esa modificación más adelante.

#### 4.1.2 Receptores

Se ha definido una lista de receptores (equipos eléctricos) para el cálculo de la demanda de energía y la potencia. Se distinguen receptores de las escuelas, relacionados a usos de servicios energéticos (computadores, iluminación, otros) y la demanda debida al sistema de tratamiento de agua (ver “Diseños de sistemas de tratamiento de agua”) o demanda de usos nocturnos (por ejemplo, casa de docente).

Además, en retroalimentación con la UDENAR se ha indicado que se puede esperar que las escuelas adquieran otros equipos, aunque en este momento de la consultoría se desconoce cuáles y cuántos. Esto puede ser para que en la escuela se complemente con actividades con retorno económico (como pueden ser la venta de hielo, venta de servicio de carga de móvil, cine por las noches etc.).

Con la energía puesta a disposición por el prototipo asignado y la adecuada capacitación cada escuela podrá determinar qué nivel de servicio adicional será capaz de dar y añadir un elemento potencial de renta adicional a la gestión del servicio energético de la escuela.

#### 4.2 Criterios para definición de Prototipos

Se han trabajado los Prototipos para que tengan características de:

- Modularidad: los prototipos deben responder a necesidades identificadas de forma que la combinación de los elementos básicos permita abarcar mayores necesidades.
- Replicabilidad de componentes: se trata de que los mismos componentes sirvan para cubrir la diversidad de Kits diseñados, para conseguir la modularidad deseada con el mínimo número de elementos diferentes.

Y que con esto se maximicen dos aspectos:

- maximizar la sencillez en la diversidad de componentes a la hora de mantener unidades de repuesto etc.
- maximizar el número de prototipos que cubren el universo de escuelas observado (y posiblemente, más allá de las escuelas identificadas durante la consultoría, más escuelas que actualmente no tengan un sistema fiable y continuo de energía eléctrica en Nariño).

### 4.3 Kits FV propuestos

Se ha determinado que las demandas diarias (DD, en kWh/día) a suministrar son las siguientes, para cada tipo de perfil de consumo definido:

Perfil de consumo	Demanda diaria [kWh/día]	Capacidad FV [Wp]	Capacidad regulador [A]	Capacidad Batería [48V, kWh]	Capacidad Ondulador [VA 30']
Diurno	< 2	780	65	1x10	1200
	< 4	1.560 (2x780)	65	1x10	1200
	4 ≤ DD < 8	2.340 (3x780)	65	2x10	1200
	8 ≤ DD < 16	3.900 (5x780)	65	1x35	1200
Mixto	< 2	780	65	1x10	1200
	< 4	1.560 (2x780)	65	2x10	1200
	4 ≤ DD < 8	2.340 (3x780)	65	1x35	1200
	8 ≤ DD < 16	4.680 (6x780)	65	2x35	1200

8 – Definición de Kits FV en función de las agrupaciones de demanda estimada y componentes

Se definen 2 kits básicos, Kit 1 y Kit 2 y las siguientes opciones de ampliación:

Concepto de básico/ ampliación	780 Wp (3 x 260Wp)	Regulador de Carga MPPT	Batería 1 48V 10kWh	Batería 2 48V 35kWh	Ondulador 1400-48
Kit 1	1	1	1	-	1
Kit 2	3	1	-	1	1
Ampliación FV	1	-	-	-	-
Ampliación Ondulador	-	-	-	-	1
Ampliación Batería 1	-	-	1	-	-
Ampliación Batería 2	-	-	-	1	-

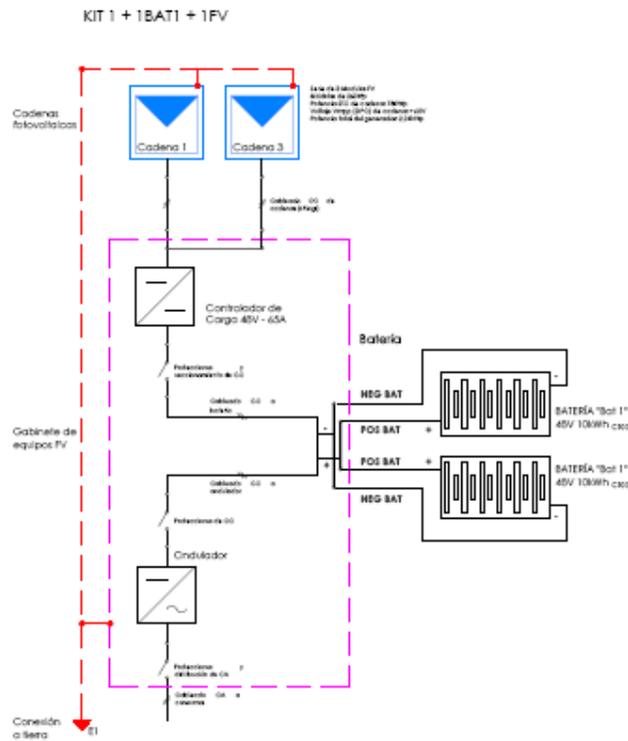
9 – Cantidad de componentes en los diferentes Kits FV y sus combinaciones/ ampliaciones

Así, se determinan 7 tipos diferentes de Kits, combinando ampliaciones de componentes iguales, minimizando la diversidad de componentes.

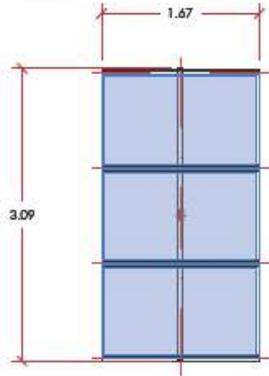
	Baterías 12V, 205 Ah	Baterías 2 V, 730 Ah	Modulo fotovoltaico 265Wp 60Celdas	Regulador de Carga	Inversor DC / AC 1400/48
<b>KIT1-0</b>	4		3	1	1
<b>KIT1-1FV</b>	4		6	1	1
<b>KIT1-1BAT1-2FV</b>	8		9	1	1
<b>KIT2-2FV-1OND</b>		24	15	1	2
<b>KIT1-1BAT1-1FV</b>	8		6	1	1
<b>KIT2-0</b>		24	9	1	1
<b>KIT2-1BAT2-3FV-1OND</b>		48	18	1	2

10 – Listado final de Kits FV y sus componentes

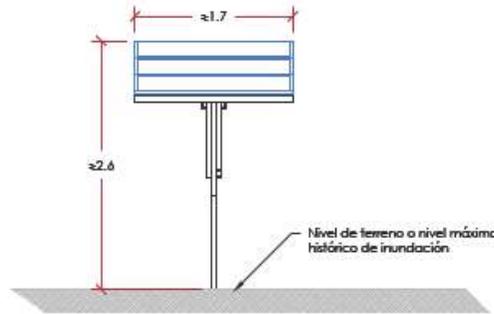
Se proporcionan planos indicativos para los Kits.



7- Unifilar indicativo de Kit 1+1BAT1+1FV

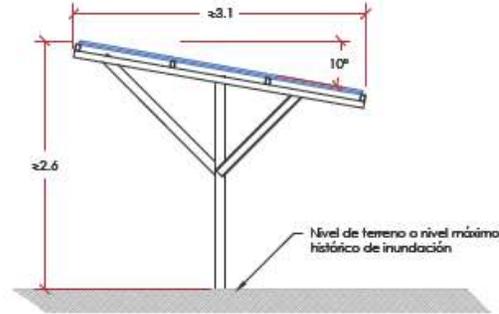


Vista Superior  
Estructura Típica Kit 1  
Módulos en posición horizontal  
Escala 1:50



Vista Frontal  
Estructura Típica Kit 1  
Módulos en posición horizontal  
Escala 1:50

Nivel de terreno o nivel máximo histórico de inundación.



Vista Lateral  
Estructura Típica Kit 1  
Módulos en posición horizontal  
Escala 1:50

Nivel de terreno o nivel máximo histórico de inundación

#### 8- Plano indicativo de generador fotovoltaico de Kit1

\* El oferente instalador deberá presentar un estudio de resistencia de la estructura propuesta (suelo/resistencia de la estructura)

#### **4.4 Criterios de asignación de Kits FV a escuelas**

Para cada escuela listada se realiza una hipótesis de demanda diaria como combinación de demanda de la escuela (por alumnos, receptores, perfil diurno/nocturno declarado) y por la demanda del Kit de Agua asociado.

### **5 Costeo**

Se han recopilado costes estimados para la implantación de las soluciones especificadas en los entregables técnicos de la consultoría. El objetivo es brindar información de costes estimados para la herramienta de control financiero del proyecto (preparada con la herramienta "Prodegee"), que permite simular costes de implementación del proyecto y ajustar alcances e incluso ajustar objetivos.

#### **5.1 Costes Directos de O&M**

Se han introducido en la herramienta Prodegee los siguientes supuestos:

- Kits FV: 0,2% mensual (del coste de inversión)
- Kits de Agua: 0,2% mensual (del coste de inversión)
- Linternas alquiladas: 1,8% mensual (del coste de inversión)

#### **5.2 Reposición**

Los equipos se reponen según los años estimados de vida de los equipos, ya sea por estimar que habrán llegado al fin de su vida o por obsolescencia (en el caso de las linternas).

-

#### **5.3 Otros costes**

Otros costes de gestión y operación e implementación del Programa que hay que introducir en la herramienta de Prodegee se resumen en el Modelo de Gestión.

También se suponen ciertos valores para la vida de los equipos que habrá que reponer.

\* En el momento de licitar las instalaciones será requerido de los instaladores presenten el estudio de resistencia de la estructura fotovoltaica propuesta; no se han incluido costes de eventuales estudios de suelo que se juzguen necesarios para garantizar la integridad de la solución instalada aunque se espera que el instalador garantice la solución por experiencia propia y experiencia local

#### **5.4 Subtotales por Kit**

Así, por Kit FV el total es:

	Subtotal COP por Kit	USD*	Pfv (kWp)
<b>KIT1-0</b>	29,878,943.12	9,959.65	0.8
<b>KIT1-1FV</b>	38,043,347.77	12,681.12	1.6
<b>KIT1-1BAT1-2FV</b>	51,994,371.54	17,331.46	2.4
<b>KIT2-2FV-1OND</b>	85,666,128.00	28,555.38	4.0
<b>KIT1-1BAT1-1FV</b>	48,530,968.05	16,176.99	1.6
<b>KIT2-0</b>	66,266,455.18	22,088.82	2.4
<b>KIT2-1BAT2-3FV-1OND</b>	127,011,667.70	42,337.22	4.8

**11 – Estimación de presupuesto por Kit FV**

\* Usando el cambio de 3000 COP/USD

seleccionada por el contratista. El valor final está afectado por: cantidad de equipos finalmente necesarios, fluctuaciones de tasa de cambio, país de procedencia de los equipos importados

Capítulo / Componente	0.5-500 B1	1-500 B1	2-500 B1	3-500 B1	3-1000 B2	4-1000 B1	6-1000 B1	8-3000 B2
<b>Captación</b>								
Bomba para bombeo de caudal 0,7 kW, pozo	0	0	0	0	699,6	0	0	699,6
Bomba para bombeo de caudal 0,5 kW, pozo	424	424	424	424	0	424	424	0
Tubo de polietileno	76	76	76	76	76	76	76	76
Conductor de cobre	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
Filtro para bajante de agua de cubierta	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
<b>Acumulación</b>								
Depósito aguas crudas	40	80	160	240	240	320	480	640
Válvula manual	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
Interruptor de nivel	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
Programador horario	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
<b>Tratamiento de agua</b>								
Sistema de 500 l/h	2.351,43	2.351,43	2.351,43	2.351,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de 1000 l/h	0,00	0,00	0,00	0,00	3.206,50	3.206,50	3.206,50	0,00
Sistema de 3000 l/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.258,66
Tanque de agua Tratada	10,18	10,18	10,18	10,18	16,96	16,96	16,96	25,44
<b>SUBTOTAL INVERSIÓN</b>	<b>3.256,75</b>	<b>3.299,15</b>	<b>3.383,95</b>	<b>3.468,75</b>	<b>4.674,45</b>	<b>4.467,12</b>	<b>4.636,72</b>	<b>7.818,31</b>

12 – Estimación de presupuesto por Kit Agua

\* Usando el cambio de 3000 COP/USD

En algunos casos podría ser necesario la construcción de un pozo como fuente regular de agua

## 6 Modelo de Gestión

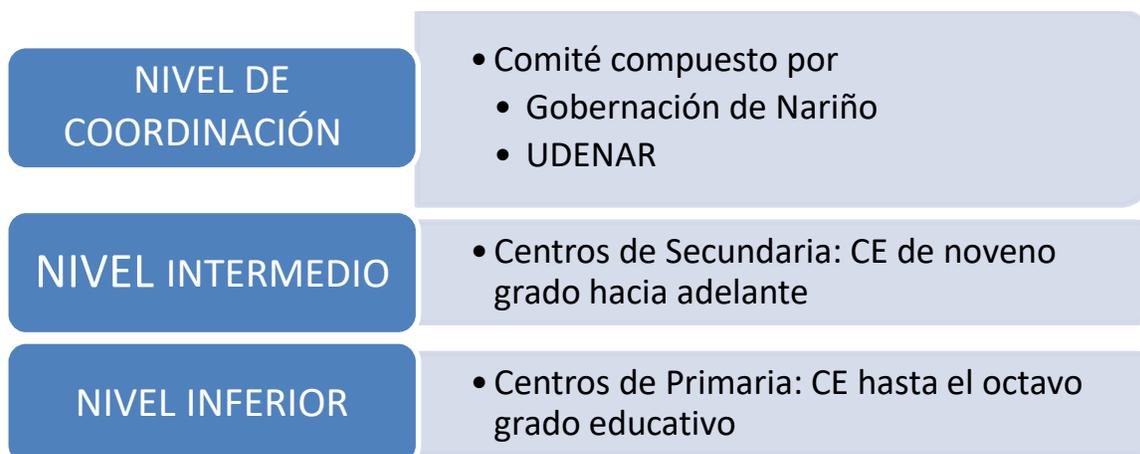
El proyecto busca contribuir a una mejor calidad de la educación en los centros de enseñanza de la subregión de Sanquianga, departamento de Nariño, Colombia, a partir del suministro de energía eléctrica alternativa y el acceso a agua tratada. El presente informe propone un modelo de gestión sustentable de los equipos de suministro energético y tratamiento de agua. El modelo busca garantizar la sustentabilidad desde sus cuatro dimensiones: *medioambiental, social, económica y técnica*; y desde su concepción de sustentabilidad fuerte. También fue alineado con los ejes, programas, subprogramas, objetivos específicos, metas de resultado y metas de producto definidos en el Plan Participativo de Desarrollo Departamental “2016-2019 Nariño Corazón del Mundo”, de forma que, garantizando en todo momento su coherencia estructural y estratégica, permita el cumplimiento de un buen número de indicadores.

Para alcanzar los anteriores objetivos, se propone un modelo de gestión basado en siete componentes estratégicos y que son:

1. **Currículo escolar:** introducir todo un conjunto de materias en el currículo escolar de los C.E. agrupadas en cuatro grandes áreas y que son: (a) Conocimientos generales de electricidad, (b) Mantenimiento de equipos de energía renovable, (c) Economía colaborativa, y (4) Gestión administrativa.
2. **Crear escuelas-RESCO:** Crear una empresa de servicios de energía renovable (RESCO) gestionada desde la UDENAR, que utilice los C.E. secundaria como gestores locales, y que además del mantenimiento de los equipos instalados en los C.E. también ofrezca servicios de energización a la comunidad.
3. **Fomentar la Economía Colaborativa:** Implementar una **moneda social** y aceptarla como medio de pago de parte de los servicios ofrecidos por la RESCO a la comunidad, así como pago de incentivo a profesores, maestros y alumnos.
4. **Electricidad, Agua y Sala de Ordenadores:** Electrificar los C.E., dotándolos también de agua tratada, y asegurándose que disponen de una sala de ordenadores, la cual, en el caso de los C.E. de secundaria, debe disponer también de conexión a internet.
5. **Software de Gestión:** Implementar el software para la gestión de la red RESCO desde la UDENAR.
6. **Crear Redes:** Generar redes que conecten a los alumnos y la comunidad con el exterior, a partir del acceso a internet disponible en las salas de ordenadores.
7. **Los C.E. como vivero de emprendimiento:** avanzar en la consecución de los indicadores definidos en el Plan Nariño, para que el proyecto de electrificación de C.E. se transforme en un proyecto de energización de las comunidades en las que están ubicadas tales C.E.

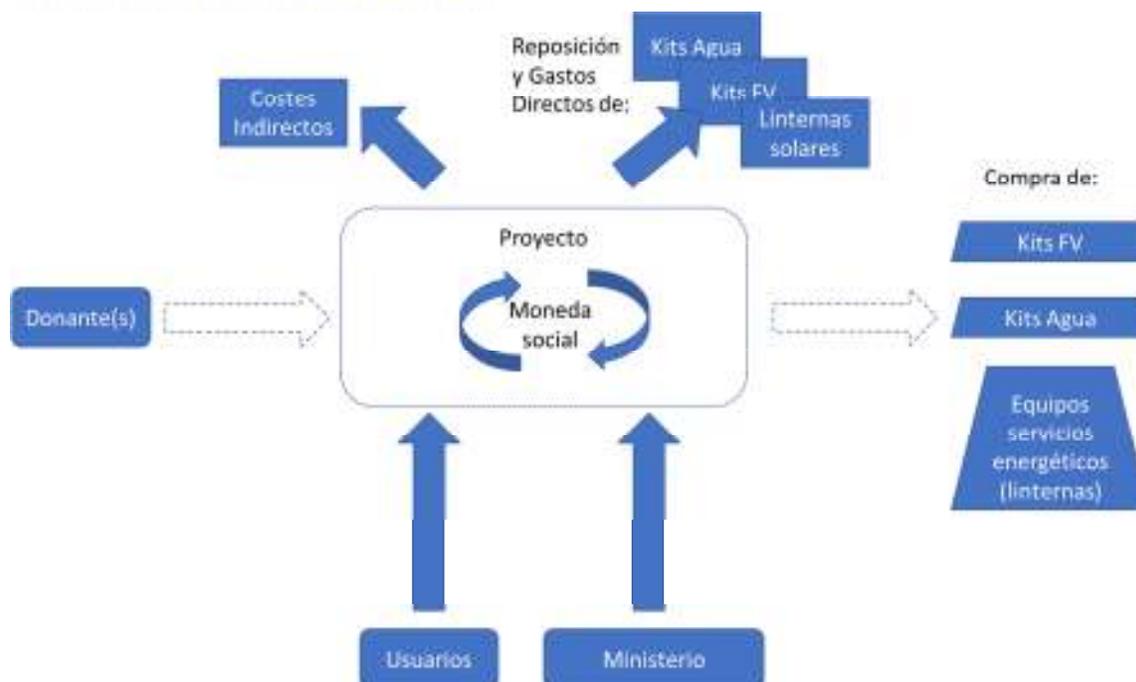
En el segundo componente, Escuela como RESCO, se propone que en un estadio inicial, el servicio de energización ofrecido a la población sea en forma de arriendo de linternas solares, que serían financiadas por el proyecto.

Asimismo, se propone que la RESCO estaría estructurada a tres niveles:



El equilibrio financiero entre gastos e ingresos se propone que se consiga de la siguiente forma, como resumen:

- Gastos de Inversión para equipos FV y de Agua: son cubiertos por donantes
- Gastos Operacionales a lo largo de la vida del proyecto: reposiciones de equipos, gastos directos e indirectos (pagados con moneda corriente): se cubren con ingresos en moneda corriente. Estos ingresos se propone que provengan de servicios de energización ofrecidos a la comunidad por los C.E., de forma a integrar el proyecto objeto de esta consultoría con los objetivos del contexto. Se propone que los C.E. inicien con el arriendo de linternas solares, que serán pagados por los Usuarios, habitantes de los municipios de las escuelas, como primer paso de tales servicios y como fuente de ingresos para el proyecto. De forma adicional, es posible que cada C.E. identifique e implemente otros servicios con rendimiento económico que se podrían contabilizar como ingreso del proyecto.
- Gastos Operacionales de dedicaciones de personal, estudiantes etc., otros gastos: que se puedan llegar a pagar con moneda social



9- Diagrama de actores y de flujo de pagos; en azul oscuro flujo de pagos recurrentes del proyecto; en flecha con contorno en puntos, donación inicial; la moneda social paga servicios y costes que no “salen” del proyecto

Las fuente de ingresos al proyecto son (de la moneda corriente):

- Donaciones, para pagos iniciales de inversión
- Recursos recurrentes en moneda corriente (pesos colombianos), que provienen de:
  - Usuarios: pagan el arriendo (pago inicial de 20.000 COP y tarifa bisemanal de 4.600 COP) de los equipos de energización de la comunidad; como primer paso, se consideran las linternas solares
  - Ministerio: se propone que el Ministerio realice un aporte anual al proyecto, 7,5% del coste de inversión de los Kits FV y Kits Agua

Se ha realizado una asignación del tipo de Kit FV y Kit Agua a cada C.E.

Cada C.E. primaria gestiona 30 linternas y cada C.E. secundaria 100.

La viabilidad financiera de los diferentes actores clave del Modelo de Gestión propuesto se basa en:

- Coordinación (Gobernación+ Universidad): percibe del Ministerio el aporte del 7,5% y de los C.E. Secundaria un 13% de lo recaudado.
- C.E. Secundaria: perciben las recaudaciones de los arriendos y equilibran esto con el pago de costes directos de operación y mantenimiento de los equipos (FV, Agua y linternas). También pagan la comisión a los C.E. de Primaria y a la Coordinación.

- C.E. Primaria: repasan la recaudación a los C.E. Secundaria y perciben una comisión del 22%.
- Usuarios por tarifa pagada por servicio energético y el Ministerio por contribución a la Coordinación, aportan los fondos operativos de sostenibilidad del proyecto.
- Ministerio: realiza el aporte mencionado

Con estas hipótesis, el informe también lleva a cabo el análisis de inversión y estrategia de financiación de costos utilizando la herramienta Prodegee (de licencia de uso Creative Commons) para aplicar el caso de este proyecto y para presentar una herramienta al beneficiario, GIIEE-UDENAR, que le permita ajustar (si cabe) e implementar este proyecto (u otros similares que surjan en el futuro).

### 6.1 Simulación Financiera del Proyecto

Para realizar el estudio de viabilidad financiera del proyecto (de los movimientos de moneda corriente) se ha utilizado la herramienta Prodegee. Esta tiene licencia de uso Creative Commons (CC) por lo tanto puede utilizarse sin coste, pero no se puede modificar el código.



La herramienta Prodegee permite realizar simulaciones financieras de implementación de proyectos de servicios energéticos, por ejemplo, en un proyecto como el que es objeto de esta consultoría, de suministro eléctrico (y de agua) en zonas remotas.

Con esto, es posible:

1. Simular, ajustar y equilibrar los Costes que genera el proyecto (de Inversión, de Operación etc.) y los Ingresos necesarios para garantizar la sostenibilidad. Se obtienen resultados consolidados de:
  - a. Flujo de caja
  - b. Cuenta de Resultados
  - c. Balance
2. Tener una herramienta común para comunicación con varios actores que puedan contribuir al proyecto (actores interesados o “stakeholders”)
3. Durante la implementación del proyecto, realizar el seguimiento de los resultados financieros del mismo

La herramienta obtiene resultados financieros consolidados para los actores como un grupo.

#### 6.1.1 Resultados Prodegee escenario estudiado

- Se han considerado 110 escuelas del total de 123 identificadas entre:
  - Encuestas
  - Visitas de Campo
- Inversión inicial Total aproximadamente 8.000 MCOP o 2.7 MUSD
  - En Kits FV: 6.400 MCOP
  - En Kits Agua: 2.000 MCOP
  - En equipos para servicios energéticos (Linternas solares): 600 MCOP

Se presentan resultados para cada actor, de forma agrupada, simulando un ciclo de proyecto de 16 años. Se presentan primero el Ministerio y los Usuarios, luego los C.E. de Primaria, los C.E. de Secundaria y la Coordinación (Gobernación+ Universidad).