



Universidad de Nariño

INGEN<sup>ERÍA</sup>  
ELECTRÓNICA



USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

IPSE

Instituto de planificación y promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
zonas No Interconectadas

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y VERIFICACIÓN  
DE UN DISEÑO DE RED INALÁMBRICA RURAL PARA ACCESO A  
INTERNET EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PERTENECIENTES A  
LAS COMUNIDADES NEGRAS DE LAS SUBREGIONES DE SANQUIANGA,  
PACÍFICO SUR, TELEMBÍ Y CORDILLERA



**pers**  
Nariño

Plan de Energización Rural Sostenible

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y VERIFICACIÓN DE UN DISEÑO DE RED  
INALÁMBRICA RURAL PARA ACCESO A INTERNET EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS  
PERTENECIENTES A LAS COMUNIDADES NEGRAS DE LAS SUBREGIONES DE SANQUIANGA,  
PACÍFICO SUR, TELEMBÍ Y CORDILLERA**

**COORDINADOR Y FORMULADOR:**

**Javier Revelo**

Ing. Electrónico, MSc., MBA., Doctor en Ingeniería

**ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN:**

**Jorge Chamorro**

**Mario Arciniegas**

**Luis Noguera**

**COLABORADORES:**

**Javier Ortega**

Ing. Electrónico

**Víctor Rosero**

Ing. Electrónico

**John Barco**

Ing. Electrónico, Mg.

**Fabián Palacios**

Geógrafo

**Mauricio Calpa**

Economista, Mg.

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PERS-Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

UPME

USAID

IPSE

San Juan de Pasto – Nariño

Colombia

2014

## 1. FICHA DEL PROYECTO

<b>Título del proyecto:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y VERIFICACIÓN DE UN DISEÑO DE RED INALÁMBRICA RURAL PARA ACCESO A INTERNET EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PERTENECIENTES A LAS COMUNIDADES NEGRAS DE LAS SUBREGIONES DE SANQUIANGA, PACÍFICO SUR, TELEMBÍ Y CORDILLERA.	
<b>Entidad formuladora:</b>	Universidad de Nariño	
<b>Entidad beneficiaria:</b>	Instituciones Educativas pertenecientes a las comunidades negras de las subregiones de Sanquianga, Pacífico Sur, Telembí y Cordillera	
<b>Entidad ejecutora:</b>	Universidad de Nariño	
<b>Otras instituciones participantes:</b>	ASOCOETNAR, COPDICONC, Y RECOMPAS	
<b>Duración del proyecto (meses):</b>	12 meses	
<b>Costo total del proyecto:</b>	\$ 9.676.243.869	
<b>Monto solicitado:</b>	\$ 8.947.621.869	
<b>Monto total de la contrapartida:</b>	\$ 728.622.000	
<b>Contrapartida otras entidades</b>	En efectivo:	En Especie:
<b>Universidad de Nariño</b>		\$ 113.184.000
<b>Comunidades beneficiarias</b>		\$ 615.438.000
<b>Gobernación de Nariño</b>		
<b>Lugar de ejecución del proyecto:</b>	Ciudad: San Juan de Pasto	Departamento: Nariño
<b>Persona responsable del proyecto:</b>	Empresa/Institución:	Cargo:
<b>Javier Revelo</b>	Universidad de Nariño	Docente Departamento de Electrónica

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

El programa presidencial Computadores para Educar (CPE) que tiene como propósito facilitar a todos los niños, niñas y jóvenes el acceso a las nuevas tecnologías de información y comunicaciones (TICs), ha entregado equipos de cómputo a las diferentes instituciones educativas oficiales en el territorio colombiano. Particularmente en el departamento de Nariño, las instituciones educativas rurales pertenecientes a las comunidades negras de las subregiones de Sanquianga, Telembí, Pacífico sur y Cordillera también han sido beneficiadas con este programa. Estas instituciones cumplen con el requisito de tener energía eléctrica de forma parcial, porque generalmente se energizan con plantas eléctricas a razón de que pertenecen a las zonas no interconectadas (ZNI).

Teniendo en cuenta la situación actual, las instituciones solo utilizan los equipos cuando tienen presupuesto para comprar el combustible para las plantas eléctricas, en este caso los equipos son energizados durante ciertas horas para una jornada muy limitada de trabajo. Por otra parte, ante la carencia de combustible los equipos permanecen guardados, con la posibilidad de aumentar el riesgo de deterioro, acortando su vida útil. Frente a esta problemática, se plantea realizar una transferencia tecnológica para energizar dichas instituciones educativas con fuentes alternativas de energía, particularmente con sistemas fotovoltaicos, a fin de que aprovechen mejor los equipos entregados y que además tengan la posibilidad de acceder a las TICs para mejorar los procesos académicos.

Para asegurar el éxito en el proyecto se plantea capacitar a los docentes y responsables de las instituciones educativas en temas de mantenimiento, funcionamiento y manejo del sistema fotovoltaico que energiza la red eléctrica interna, así como también, en el manejo de herramientas que permitan la apropiación de las TICs y sean adoptados en los procesos de enseñanza aprendizaje. Con lo anterior, se consigue mejorar la calidad de la educación en las comunidades negras que viven en precarias condiciones, asegurando también un aumento de la calidad de vida de sus pobladores.

### 3. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA

#### 3.1. Nombre de la Alternativa

Implementación de sistemas solares fotovoltaicos y verificación de un diseño de red inalámbrica rural para acceso a internet en las instituciones educativas beneficiarias del programa computadores para educar pertenecientes a las comunidades negras de las subregiones de Sanquianga, Pacífico sur, Telembí y Cordillera del departamento de Nariño.

#### 3.2. Resumen de la Alternativa

La propuesta de ingeniería que da solución a la problemática planteada, se divide en dos partes: a) Aprovechando la energía solar se plantea la implementación de un sistema fotovoltaico que energice los equipos de cómputo de la institución educativa, y b) la verificación en campo de un diseño de red inalámbrica para acceso a internet de las instituciones educativas.

Para la primera parte, se propone implementar un sistema solar fotovoltaico eficiente con una potencia total instalada dependiendo de la cantidad de equipos que tenga la institución. Se presentan 3 diseños prototipos de sistemas fotovoltaicos de potencia instalada de 2 Wp, 1,5 Wp y 1 Wp, con una capacidad de generación lo suficiente para energizar los equipos, de tal forma que se utilicen también en jornadas complementarias dictando cursos de capacitación. Cada sistema fotovoltaico se compone principalmente de: paneles solares, un controlador con la característica de seguidor del punto de máxima potencia, un banco de baterías, un inversor, conectores, dispositivos de protección y racks de almacenamiento.

Por otra parte, para la conectividad a internet se diseñó una red inalámbrica por medio de radioenlaces conectando las diversas Instituciones Educativas rurales de los diferentes municipios que integran las 4 subregiones del departamento de Nariño objetivos del presente proyecto. El diseño de red busca contribuir a la reducción de la brecha digital de las zonas rurales del departamento de Nariño por medio de soluciones tecnológicas y económicas para el acceso a Internet de banda ancha, conectando a 130 instituciones educativas dispersas en las subregiones de Cordillera, Pacífico Sur, Sanguianga y Telembí; contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los individuos que hagan uso de esta herramienta.

La solución propuesta para la realización de dicha conexión, es a través de radio enlaces punto a punto y multipunto según lo permita la zona de interés; sin embargo, el criterio de línea de vista de cada enlace fue realizado usando mapas digitales, causando que el diseño propuesto se encuentre basado únicamente por simulación, lo cual da **sólo un valor estimado al proyecto planteado**. Por tanto es válido resaltar que es necesario realizar una validación del diseño propuesto para poder concretar con mayor exactitud los costes de implementación y operación de la red, por lo cual se plantea en este escrito el presupuesto para llevar a cabo dicha actividad.

En la Tabla 1 se muestra la cobertura del proyecto en las 4 subregiones, tanto las instituciones a instalar los sistemas fotovoltaicos como las instituciones que cubre la verificación del diseño de la red inalámbrica.

**Tabla 1.** Cobertura del Proyecto en las 4 subregiones

SUBREGION	MUNICIPIO	Total Instituciones (CPE 2012, 2013, Encuestas)	Paneles Solares		Internet	
			Número de IES	Cobertura	No. de IES	Cobertura
Sanquianga	El Charco	60	24	40%	20	33%
	La Tola	18	17	94%	16	89%
	Mosquera	33	8	24%	9	27%
	Olaya Herrera	65	40	62%	21	32%
	Santa Bárbara	72	15	21%	11	15%
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>248</b>	<b>104</b>	<b>42%</b>	<b>77</b>	<b>31%</b>
Pacífico Sur	Tumaco	148	53	36%	6	4%
	Francisco Pizarro	14	14	100%	9	64%
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>162</b>	<b>67</b>	<b>41%</b>	<b>15</b>	<b>9%</b>
Telembí	Barbacoas	112	11	10%	14	13%
	Roberto Payán	66	45	68%	14	21%
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>178</b>	<b>56</b>	<b>31%</b>	<b>28</b>	<b>16%</b>
Cordillera	Policarpa	11	10	91%	5	45%
	Cumbitara	22	19	86%	5	23%
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>88%</b>	<b>10</b>	<b>30%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>621</b>	<b>256</b>	<b>41%</b>	<b>130</b>	<b>21%</b>

En la Figura 1 se presenta la cobertura de todo el proyecto para las 4 subregiones, y en las figuras (Figura 2, Figura 3, Figura 4 y en la Figura 5) se presenta la cobertura por cada subregión detallando los municipios que las conforman.

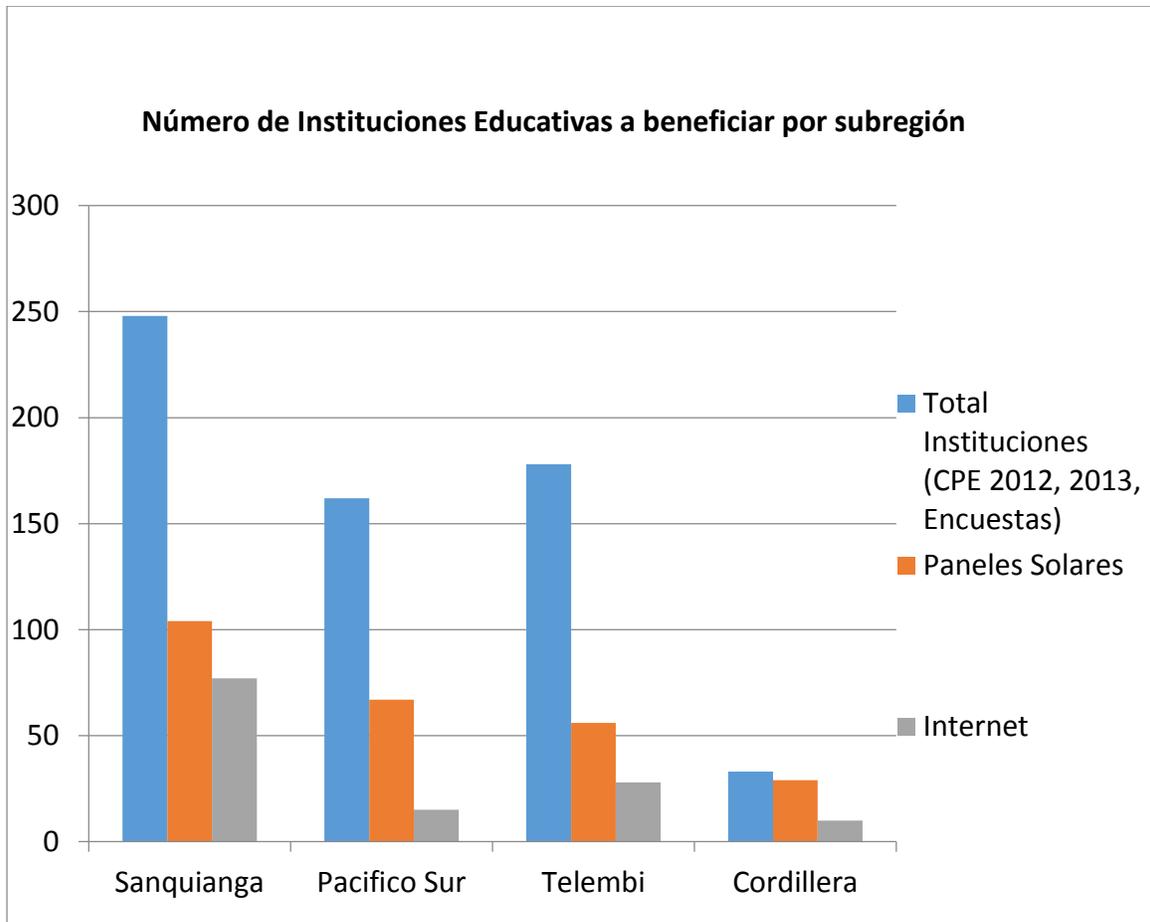


Figura 1. Cobertura del proyecto

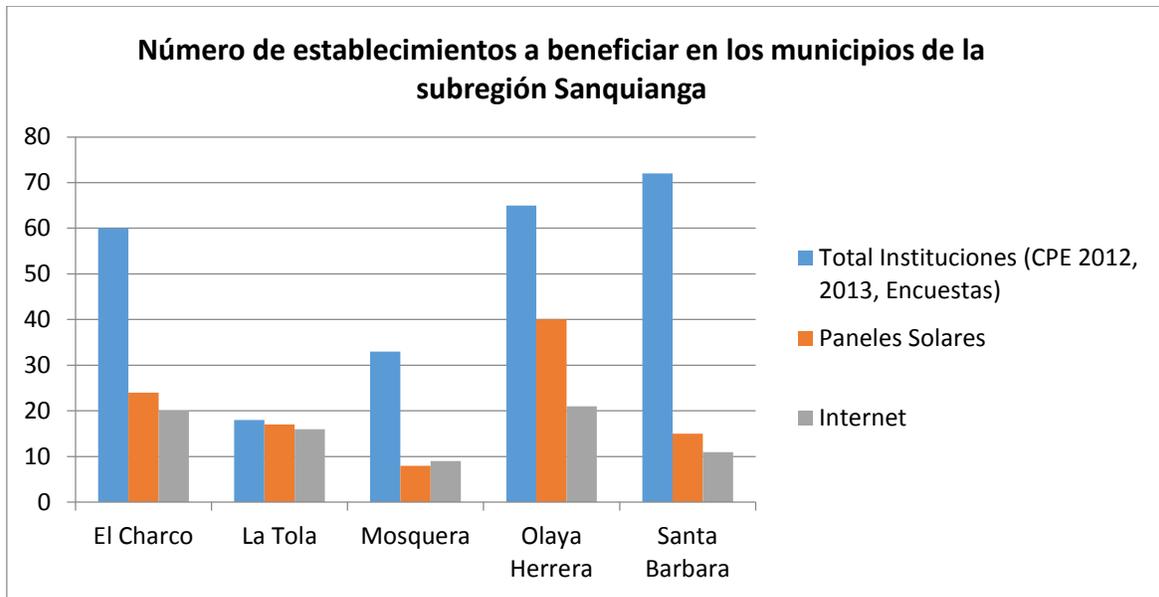


Figura 2. Cobertura en la subregión Sanquianga

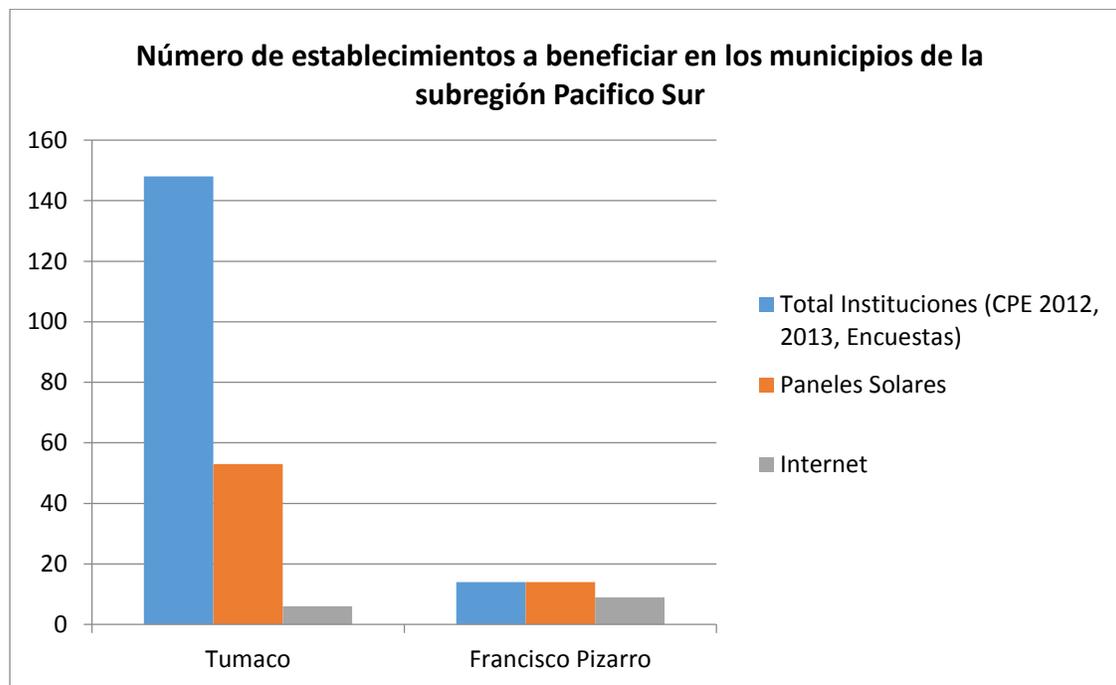


Figura 3. Cobertura en la subregión Pacífico sur

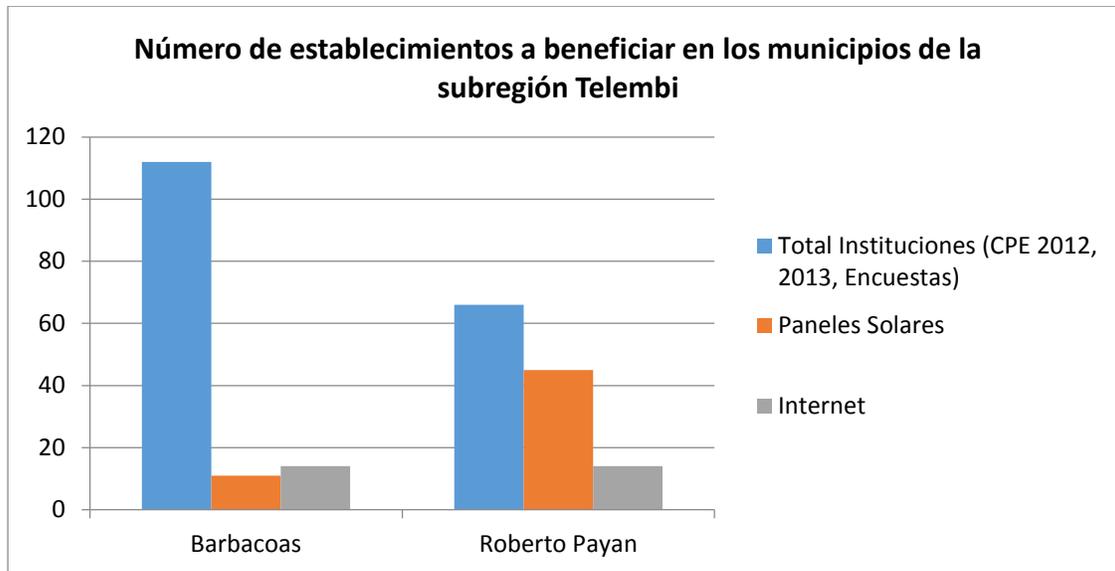


Figura 4. Cobertura en la subregión Telembí

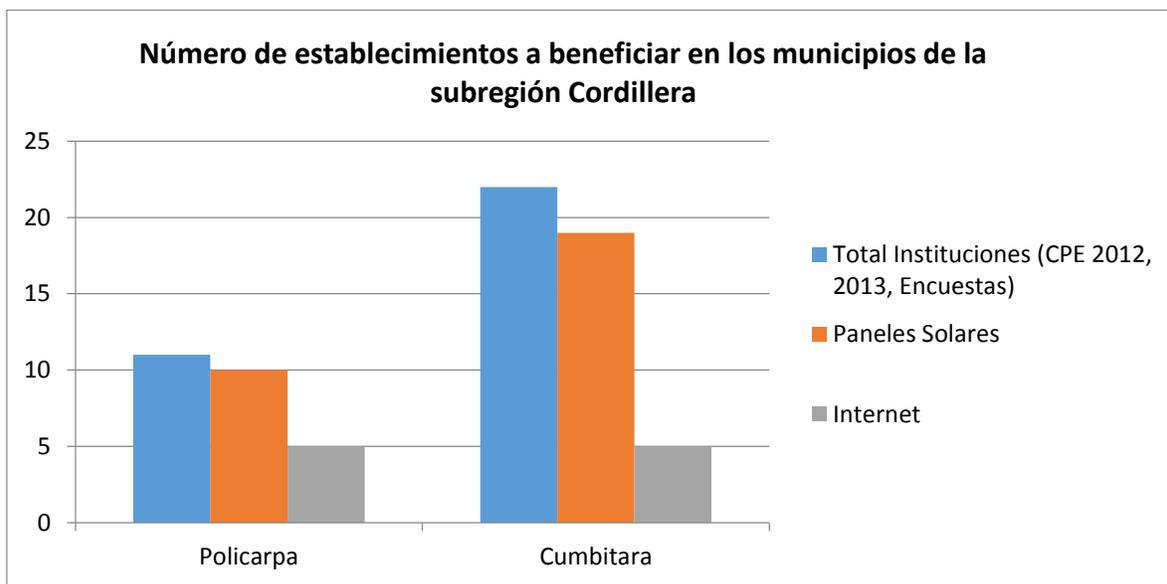


Figura 5. Cobertura en la subregión Cordillera

### 3.3. Objetivos

#### 3.3.1. Objetivo General

Implementar sistemas solares fotovoltaicos y verificar el diseño de una red inalámbrica rural para acceso a internet en las instituciones educativas rurales pertenecientes a las comunidades negras de las subregiones de Sanquianga, Telembí, Pacífico Sur y Cordillera.

#### 3.3.2. Objetivos Específicos

- Implementar el sistema solar fotovoltaico diseñado en las instituciones educativas rurales de 4 subregiones: Sanquianga, Telembí, Pacífico Sur y Cordillera.
- Verificar el diseño de una red inalámbrica rural para acceso a internet en las instituciones educativas rurales teniendo en cuenta los criterios de la zona.
- Capacitar a los miembros de la comunidad académica sobre el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas implementados y el uso adecuado de las TICs.

### 3.4. Impactos Esperados

**Tabla 2.** Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes

IMPACTO	INDICADOR	CANTIDAD MÍNIMA ESPERADA
Formación de recursos humanos en investigación, tecnologías de energización fotovoltaica y gestión tecnológica en las entidades participantes.	Número de técnicos y profesionales dentro del grupo base de investigación apoyado por el proyecto.  Número de actualizaciones y capacitaciones técnicas al grupo base de la investigación apoyadas por el proyecto	76 personas capacitadas y actualizadas sobre temáticas acordes al proyecto.
Consolidación de capacidades para realizar actividades de I&D en la Universidad de Nariño: fortalecimiento de grupos de I&D, redes de información y colaboración científico-tecnológica	-Cantidad de trabajos de grado realizados relacionados con el proyecto. Número de convenios con entidades cooperantes del proyecto.	1 trabajo de grado en el área de comunicaciones inalámbricas. <b>3</b> convenios con entidades cooperantes. (proveedores, financiamiento, entidades oficiales)

Mejoramiento de la oferta de servicios tecnológicos	-Número de documentos con información técnica y metodológica sobre acondicionamiento e implementación de sistemas fotovoltaicos.	-Un diseño replicable de un sistema solar fotovoltaico.  -Un documento con información técnica y metodológica sobre implementación del sistema diseñado.
---	--	--

**Tabla 3.** Impactos sobre la productividad y competitividad de las instituciones educativas beneficiarias.

Impacto	Indicador	Cantidad mínima esperada
Mejora en la calidad del servicio de energía eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nro. de horas diarias de servicio con SFV — Nro. promedio de horas diarias de servicio actuales.</li> </ul>	4 horas adicionales de energía eléctrica en promedio.
Reducción de los costos del servicio de electricidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de reducción del precio estimado del KWh (1 - costo futuro de KWh/costo actual de KWh)</li> </ul>	100% (cálculo basado en costos de mantenimiento y funcionamiento; los sistemas fotovoltaicos no representan costos)
Mejoramiento de la calidad de educación en las instituciones beneficiarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de incremento en los puntajes de las pruebas de estado SABER (datos de referencia: Resultados 2012 fuente ICFES).</li> </ul>	10% de incremento en los puntajes promedios de las pruebas de estado.
Ampliación de la oferta educativa en las instituciones beneficiarias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de cursos anuales de capacitación para adultos ofrecidos por institución fuera de la jornada académica.</li> </ul>	256 cursos anuales (1 por institución).
Formación de recursos humanos en el manejo de las TICs en las comunidades objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de cursos de capacitación sobre utilización de TICs</li> <li>Número de personas capacitadas en el manejo de TICs.</li> </ul>	256 personas capacitadas (1 por establecimiento educativo).

<p>Formación de recursos humanos en el mantenimiento y operación de los sistema solares fotovoltaicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de cursos de capacitación sobre mantenimiento y operación de SFV</li> <li>• Número de personas capacitadas en SFV.</li> </ul>	<p>256 personas capacitadas (1 por establecimiento educativo).</p>
--	---	--

**Plan de Energización Rural Sostenible para el  
Departamento de Nariño  
(PERS-NARIÑO)**

**Convenio Interinstitucional 110 de 2012**

**Universidad de Nariño**

José Edmundo Calvache  
RECTOR

Andrés Pantoja  
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Darío Fajardo  
COORDINADOR ADMINISTRATIVO PERS

**Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)**

Ángela Cadena  
DIRECTORA GENERAL

Olga Leandra Rey  
COORDINADORA TÉCNICA PERS

Brenda Roncancio  
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**USAID, Programa de Energías Limpias para  
Colombia (CCEP)**

José Eddy Torres  
DIRECTOR GENERAL  
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Catalina Álvarez  
SUBDIRECTORA  
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**Instituto de Planificación y Promoción de  
Soluciones Energéticas para las Zonas no  
Interconectadas (IPSE)**

Carlos Neira  
DIRECTOR

Jairo Quintero  
COORDINADOR TÉCNICO PERS