

Estudios Previos para Interventoría

Proyecto

ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES



ASC INGENIERÍA S.A. E.S.P.

San Juan de Pasto, Diciembre de 2013

CONTENIDO

1. Resumen
2. Objetivos
3. Población afectada y objetivo
4. Trayectoria de entidades participantes
5. Productos, actividades y personal requerido
6. Indicadores de producto
7. Resultados esperados, fuentes de verificación y potenciales beneficiarios
8. Riesgos, efectos y medidas de mitigación
9. Cronograma
10. Referencias

1. Resumen del Proyecto

Muchas de las regiones que no hacen parte del sistema central de interconexión eléctrica en Nariño presentan dificultades marcadas en el suministro del servicio de energía dado el difícil acceso geográfico de muchas de las zonas alejadas del centro del departamento, las condiciones socioeconómicas de las poblaciones y la condición de Nariño como cola del sistema interconectado nacional. Además, a pesar de que el departamento cuenta con abundantes recursos energéticos que se pueden aprovechar en generación basada en métodos limpios, estos potenciales no se encuentran apropiadamente identificados, clasificados y cuantificados.

Unas de las principales causas de los problemas energéticos en las regiones apartadas y/o no interconectadas es la falta de información técnica sobre las condiciones del sistema de distribución, la deficiente estimación de la demanda y la falencia en posibles soluciones alternativas a la conexión al sistema central. Por otra parte, la carencia de estudios y mediciones reales de los potenciales energéticos de estas zonas dificulta el planteamiento de proyectos encaminados a suplir energía por métodos distintos a los convencionales.

De esta manera, el fortalecimiento de un plan de investigación y desarrollo tecnológico en esta área es de vital importancia para estructurar la información requerida sobre las oportunidades energéticas de las regiones apartadas, la apropiación de nuevo conocimiento alrededor de la gestión energética, la proposición de proyectos alrededor de la generación distribuida con fuentes alternativas y el estudio de nuevas tendencias, tales como las redes inteligentes, para la solución de los problemas con metodologías apropiadas, escalables, controlables y replicables.

Inicialmente, se pretende realizar un estudio técnico detallado de las fuentes alternativas disponibles en las zonas rurales de los municipios con menor cobertura eléctrica del departamento. Para esto se propone la recopilación de la información dispersa en fuentes secundarias especializadas y realizar mediciones reales por medio de estaciones de telemetría y un sistema de información sobre posibilidades de generación de energía con viento, luz solar, hidrogenación y biomasa.

Con la información de datos reales y proyecciones estadísticas de las fuentes estudiadas, se escogerán dos zonas con potencial adecuado para realizar el diseño técnico completo a nivel de prefactibilidad para la implementación de una solución que incluya generación alternativa, redes de distribución, medición inteligente y un sistema de información basado en telecomunicaciones para el soporte del manejo de los recursos y el control de los generadores.

Estos estudios posibilitan el fortalecimiento de una línea de investigación en gestión energética en la Universidad de Nariño con el apoyo de la Universidad de los Andes a

través de investigadores y estudiantes de maestría y doctorado. En general, esta línea se crea para garantizar la sostenibilidad de los proyectos iniciales y la nueva formulación de proyectos a nivel de factibilidad e implementación.

En este sentido, es importante destacar que con miras al desarrollo de proyectos en redes inteligentes, se propone realizar el estudio preliminar a nivel de diseño de una red prototipo en el campus de la Universidad de Nariño. Este laboratorio permitirá la apropiación tecnológica de las nuevas tendencias en redes de distribución de energía, el diseño apropiado de este tipo de redes a gran escala, las pruebas de sistemas comerciales para validación y formulación de proyectos con equipos validados y adaptados a nuestras regiones, además de constituir un laboratorio de prueba para investigación fundamental y aplicada en el área de redes inteligentes.

En este proyecto se han unido esfuerzos de dos entidades de educación superior con una empresa prestadora de servicios de energía alrededor de un esfuerzo estatal representado por la gobernación de Nariño y su plan de desarrollo “Nariño Mejor”. La Universidad de Nariño, conocedora de la región y sus problemáticas, cuenta con el liderazgo regional en los estudios socioeconómicos para soportar el proyecto. Así mismo, el sector eléctrico colombiano por medio de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), apoya esta iniciativa a través del Plan de Energización Rural Sostenible para el departamento de Nariño (PERS), proyecto que actualmente se ejecuta a la cabeza del departamento de electrónica de Udenar.

Por su parte, ASC Ingeniería, empresa de prestación de energía en varias regiones de Nariño, brinda su experiencia en comercialización en las zonas aisladas del departamento, tiene una base de datos actualizada de los registros para estimación de demanda y cuenta con personal capacitado en el manejo y programación de software para cálculos tarifarios, subsidios, sistemas de telemedida y estudios de sostenibilidad de proyectos energéticos.

Finalmente, la Universidad de los Andes y sus grupos de investigación en Potencia, Energía, Control, Automatización y Energías Renovables representan el soporte científico del proyecto. Uniandes permitirá la articulación de los esfuerzos investigativos y de apropiación tecnológica con base en la experiencia de sus investigadores, la formación de estudiantes dedicados al proyecto a nivel de maestría y doctorado, los servicios de laboratorios y el reconocimiento de su liderazgo a nivel nacional en este tipo de proyectos avalados con publicaciones nacionales e internacionales de calidad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Principal

Contribuir a la definición de modelos adecuados de gestión para mejorar el suministro energético a las poblaciones apartadas y/o no interconectadas del Departamento de Nariño, aprovechando integralmente recursos naturales disponibles con técnicas modernas de gestión de redes y fuentes descentralizadas de energía.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las principales fuentes energéticas alternativas disponibles en quince (15) municipios preseleccionados incluyendo aspectos geográficos, mediciones directas y proyecciones estadísticas de las fuentes más importantes.
- Diseñar una posible solución de energización con fuentes alternativas a nivel de prefectibilidad que incluya redes inteligentes y generación distribuida para dos zonas específicas.
- Fortalecer una línea de investigación en gestión energética en la Universidad de Nariño con apoyo de la Universidad de los Andes, que facilite la formulación de proyectos sostenibles con base en los estudios de las principales fuentes alternativas identificadas.
- Realizar un estudio de prefectibilidad para la implementación de un sistema prototipo de red inteligente en el campus de la Universidad de Nariño para la apropiación e investigación de nuevas tecnologías en sistemas de distribución y generación con fuentes alternativas.

3. Población Afectada y Objetivo

Población Afectada

Esta población hace parte de las zonas rurales de los 15 municipios del departamento de Nariño cuya cobertura de energía eléctrica está por debajo del 80%. De esta manera, la población afectada se estima en 236557 personas, de las cuales 123278 son hombres y 113279 son mujeres. En la Tabla 1 se resume la información de estos municipios según el censo del DANE en 2005.

Tabla 1. Población afectada.

	Municipios	Grupos Armados	% viviendas con Electricidad	Población total	Población Rural		
					Hombres	Mujeres	Total
1	Tumaco	Alta	77,4	161490	39431	36174	75605
2	Barbacoas	Media	51,7	30256	9556	8761	18317
3	Francisco Pizarro	Nula	20,4	11183	3218	2702	5920
4	Mosquera	Baja	57,9	11873	4112	3933	8045
5	Olaya Herrera	Baja	33,5	27225	12612	11333	23945
6	La Tola	Nula	79,8	8571	1439	1288	2727
7	El Charco	Baja	9,5	26163	9762	9484	19246
8	Santa Bárbara	Nula	48,0	8615	3136	2790	5926
9	Cumbitara	Nula	72,4	6142	2461	2323	4784
10	La cruz	Nula	68,0	17633	5955	5407	11362
11	Leiva	Baja	62,7	11825	4533	3990	8523
12	Magüí Payán	Media	26,3	13831	5641	4901	10542
13	Ricaurte	Baja	45,5	14669	6557	6027	12584
14	Roberto Payan	Media	33,2	17286	8519	7918	16437
15	Santacruz	Baja	58,0	16869	6346	6248	12594
TOTAL				383631	123278	113279	236557

Población Objetivo

Se considera como la población objetivo a los habitantes de las regiones que serán escogidas para realizar el diseño técnico completo de la solución de energización rural, por lo tanto, aún no se puede establecer las características demográficas.

Ahora bien, teniendo en cuenta las características de los municipios y la cantidad de residencias y habitantes en cada vereda, se estima que una instalación de generadores con una capacidad total de 150 kW es adecuada. Si además, se estudia una solución energética con paneles solares, se tendría una capacidad adicional de 30 kW. Con base en las estimaciones de capacidad instalada promedio de una vivienda rural (0,8 kW) y con los datos promedio de 5 personas por vivienda, la población objetivo es de 1125 personas en una zona determinada de un municipio de los citados en la población afectada.

4. Trayectoria Entidades Participantes

El trabajo conjunto entre la Universidad de los Andes, la Universidad de Nariño y ASC Ingeniería S.A. ESP es interdisciplinario ya que cuenta con personal idóneo en las diferentes áreas del proyecto tales como energías alternativas, sistemas de potencia, redes eléctricas, control, telecomunicaciones, sistemas embebidos y manejo de mercados de energía.

En particular, los grupos de investigación involucrados en el desarrollo del proyecto son:

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Grupo de Investigación en Potencia y Energía (GIP&E)

El desarrollo del grupo ha sido importante ya que ha participado en proyectos de gran trascendencia para el sector eléctrico y energético del país. Han hecho publicaciones y aportes reconocidos a nivel nacional e internacional a través de menciones y premios a los profesores y el reconocimiento de aportes a los programas de doctorado, maestría y especialización. Los temas más relevantes son: potencia y energía, estudios de métodos modernos de modelamiento y simulación de sistemas de potencia, confiabilidad y de calidad de la potencia y la incursión de nuevas tecnologías de generación.

En el área de energía, las actividades en que se ha visto involucrado han sido fundamentalmente tres: energías renovables, uso racional de energía y el planeamiento energético y eléctrico. Específicamente, el grupo ha trabajado en aspectos técnicos involucrados en la conversión de energía hidráulica en pequeña y mediana escala, energía solar térmica, energía eólica y en utilización de la biomasa y de sus posibles derivados como los biocombustibles. Igualmente, se ha trabajado en: aspectos relacionados con el suministro de energía a zonas aisladas, temas de electrificación identificando sus deficiencias, un enfoque de energización rural que garantice que la energía se vincule a cadenas productivas. Además, últimamente se han abordado temas de áreas de difícil gestión y de prestación autosostenible, y se han hecho propuestas de prestación complementaria de servicios públicos.

En el área de uso racional de energía se ha trabajado en el desarrollo de modelos de respuesta térmica en edificios, uso racional de energía en supermercados y las potencialidades y requisitos para incentivar la cogeneración de energía en el país. Se han dictado cursos de educación continuada dirigidos a industriales sobre técnicas de racionalización del uso de la energía.

En el campo del planeamiento energético y eléctrico se incluye el estudio de recursos energéticos, la demanda y oferta de energía, y el estudio de herramientas de planificación energética y su relación con la planificación global de la economía. La Universidad de los

Andes ha sido líder en el desarrollo y utilización de metodologías de planeamiento. En el campo energético además de los modelos económicos tradicionales, se han implementado modelos de ingeniería, como MEDEE, MARKAL y LEAP; y en el campo del planeamiento eléctrico se han hecho aportes significativos en las metodologías de planeamiento de la expansión y el despacho hidrotérmico.

Recientemente, este grupo ha venido trabajando en todos los aspectos de reformas institucionales de los servicios públicos y del sector energético, ocurridos con posterioridad a la promulgación de las Leyes 142 y 143 de 1994. Temas como la regulación de precios, de calidad y la cobertura del servicio han estado en la agenda del grupo de investigación. Se han desarrollado proyectos de análisis de metodologías para remunerar el servicio de distribución para una empresa distribuidora de energía eléctrica y de cálculo de las demandas de gas natural para el señalamiento de tarifas para empresas distribuidoras. En la actualidad se desarrolla una metodología para la estimación de la demanda de transporte de gas natural y de las implicaciones sobre su penetración de diferentes tarifas. En el campo de la regulación se han finalizado cinco (5) tesis de maestría y más de diez (10) trabajos de pregrado. Se han realizado tres cursos para ejecutivos, uno en el campo del transporte de electricidad y dos en el tema de la regulación de los servicios públicos para la SSPD. El trabajo de este grupo se enmarca dentro de las actividades de la Maestría en Regulación, creada en agosto del año anterior y que hace parte del proyecto BID de Cooperación No. ATN/MH-6631-RGCO Programa de la Red Universitaria de Educación y Formación en Infraestructura, Privatización y Regulación.

Las actividades de este grupo se ven beneficiadas por los contactos internacionales de la Facultad de Ingeniería y por los participantes de la Red Latinoamericana en Regulación. Igualmente a nivel nacional el grupo ha mantenido un estrecho contacto con el Grupo de Energía de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional.

Grupo de Investigación en Informática y Automática para la Producción (GIAP)

El GIAP adelanta actividades multidisciplinarias de investigación y desarrollo en busca de soluciones y aplicaciones para la automatización de procesos industriales, involucrando áreas como control automático, informática, simulación y ambientes robotizados, adquisición y tratamiento de señales, sistemas discretos, híbridos y conmutados, y sistemas biológicos.

Entre otros, el GIAP trabaja en los siguientes campos de especialización:

- Diseño, simulación y puesta en funcionamiento de sistemas de control tanto clásicos como modernos.
- Estrategias de control basadas en inteligencia artificial, y sistemas bioinspirados.
- Diseño y desarrollo de soluciones robotizadas.
- Automatización y modernización de maquinaria.

- Supervisión y operación remota.
- Análisis y control de sistemas híbridos.
- Educación en control.
- Identificación y control de sistemas complejos.
- Análisis y control de sistemas de eventos discretos.

Las actividades del GIAP le permiten ofrecer a la industria nacional la optimización de cualquiera de los procesos industriales que se adelanten, reduciendo costos de operación, mejorando la seguridad industrial y aumentando la eficiencia y calidad de los productos, cumpliendo con los más estrictos estándares de aseguramiento de calidad.

Grupo de Conversión de Energía (CE)

El CE busca la generación de conocimiento, investigación y desarrollo relacionados con los temas de:

- Combustibles, combustión, incineración.
- Energías renovables.
- Uso racional de la energía.
- Secado.
- Gestión y estudios en asuntos aeroespaciales.
- Máquinas térmicas.

En cuanto al tema de conversión de energía convencional y renovable, se contempla la energía hidráulica, solar, eólica y térmica a partir de biomasa.

En Colombia, GIP&E y GIAP de la Universidad de los Andes con el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Industrial de Santander, han venido adelantando un estudio formal de las posibilidades e impacto de la instalación de generación distribuida en sistemas de distribución de energía eléctrica. En el proyecto Distribución Eléctrica Inteligente – SILICE (fases I y II), que comenzó en febrero de 2008, se avanzó en el estudio de las características y especificaciones en materia de ubicación de fuentes intermitentes y de potencia controlable, así como del funcionamiento en materia de esquemas y metodologías control y de los sistemas de comunicaciones requeridos para la implantación de redes inteligentes en los sistemas de distribución de la red eléctrica nacional.

Por otra parte, se realizó una instalación piloto para evaluar la operación de sistemas de generación distribuida en los campus de las universidades Nacional de Colombia y de los Andes, con dos fuentes de generación distribuida, una solar fotovoltaica de 3.64 kW y otra de biomasa (aún no controlable) acopladas con la red eléctrica existente, con los correspondientes sistema de monitoreo, comunicaciones y control en tiempo real. Igualmente, se desarrolló una metodología para identificar y valorar los beneficios

técnicos económicos y ambientales de estos sistemas frente a aquellos obtenidos con redes convencionales de distribución.

Los principales aportes en artículos en publicaciones indexadas, conferencias nacionales e internacionales al respecto se relacionan en [1-14].

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Grupo de investigación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (GIIEE)

El grupo de investigación GIIEE es un grupo joven del departamento de electrónica de la Universidad de Nariño que fue reconocido por COLCIENCIAS en la convocatoria de diciembre de 2012 y está inscrito en la convocatoria de reconocimiento para el año 2013 con suficientes productos académicos y de proyectos para satisfacer los requisitos. Cuenta con investigadores con formación de maestría y doctorado, y estructurado recientemente para atender las necesidades regionales. De esta manera, se propone la creación y fortalecimiento de una nueva línea de investigación en gestión energética para aprovechar la experiencia de los grupos categoría A1 de la Universidad de los Andes en esta temática y poder responder de manera efectiva a las exigencias de proyectos adecuados para el departamento de Nariño. Además el grupo cuenta con dos investigadores formados en la Universidad de los Andes a nivel de doctorado con tesis alrededor de la temática energética en las dos fases del proyecto SILICE [1-5, 8], e investigadores de la Universidad Nacional con experiencia en sistemas de eficiencia energética y fuentes alternativas de energía.

Actualmente y en colaboración con la UPME y el IPSE, desarrolla el Plan de Energización Rural Sostenible (PERS) en el departamento de Nariño, mediante los que se busca determinar la oferta de recursos energéticos en diferentes localidades del departamento, estimar la demanda energética, caracterizar el consumo de energía por uso y fuente en los sectores rurales, todo con el fin de realizar un análisis de posibles alternativas energéticas que permitan identificar y proponer proyectos productivos e integrales para lograr el suministro de energía en zonas rurales apartadas.

Otros proyectos desarrollados por el grupo son:

El Grupo desarrolló en el año 2008 el trabajo “DISEÑO DE UN SISTEMA PARA CAPTURA DE GEOMETRIAS 3D CON TECNICAS DE VISION Y LUZ ESTRUCTURADA”, con aplicaciones desde el control de calidad en la industria hasta su uso en la elaboración de artesanías u objetos a escala real.

En el 2009 se realiza el trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CLASIFICADOR PROTOTIPO DE GRANOS DE CAFÉ POR TAMAÑO Y COLOR”, con el que se consigue elaborar el prototipo básico de un sistema de clasificación automático de

granos de café cereza basado en computador con lo que se ha demostrado no solo la efectividad de las redes neuronales en el análisis y determinación de características de un objeto sino también que es posible incorporar un sistema de este tipo dentro de la cadena de producción de café para automatizar el proceso de clasificación inicial que actualmente se realiza de forma manual y requiere de supervisión humana.

Durante el transcurso del año 2010 el Grupo desarrolló el trabajo “ANÁLISIS DE DEFORMACIONES DEBIDAS A ESFUERZOS, VIBRACIONES O VARIACIONES DE TEMPERATURA EN UN OBJETO MEDIANTE METROLOGÍA ÓPTICA BASADA EN TÉCNICAS DE INTERFEROMETRÍA HOLOGRÁFICA”. Este proyecto mediante un análisis por interferometría holográfica permite a través del proceso de variación térmica, vibratoria o de presión de un determinado objeto, obtener información cuantitativa y cualitativa sobre el comportamiento del mismo, definido por la variación de los frentes de ondas resultantes tras ser expuesto a un LASER de potencia en el rango de la luz visible.

Como mecanismo de análisis y aplicación, la interferometría holográfica ha sido empleada en aspectos relacionados en el campo de la medicina (odontología, ortopedia, endoscopia, etc.) y campos diversos (arqueología, paleontología, geografía, música, biología, arquitectura, ingeniería civil, etc.), observando su amplia área de investigación.

Para la convocatoria 2010 se aprueba la propuesta de Trabajo de Grado “DESARROLLO DE UN SISTEMA MODELADOR DE IMÁGENES EN 3D APLICANDO LA TÉCNICA DE MOIRÉ”, en la cual se desarrolla un estudio encaminado a la aplicación de la técnica de Moiré para desarrollar un modelador tridimensional de objetos tales como piezas conservadas en museos, con el propósito de investigar nuevos métodos que sean más precisos y que en un futuro contribuyan con el desarrollo de escenarios virtuales como lo sería un museo virtual y su aplicación a las artesanías del Carnaval de Negros y Blancos y demás muestras artesanales del departamento de Nariño.

En el año 2010 y 2011 se desarrolló el proyecto: “GENERACION DISTRIBUIDA Y REDES INTELIGENTES, ADMINISTRACION Y CONTROL EFECTIVO DE LA RED ELECTRICA MEDIANTE SMARTGRID, BENEFICIOS SOCIALES Y ECONOMICOS EN LA CIUDAD DE PASTO”, en donde se realizó la revisión de las fuentes de energía alternativa en el departamento de Nariño, encontrándose como potenciales la generación geotérmica, de pequeñas centrales hidroeléctricas y de biomasa. Así mismo, se presenta la formulación de una estrategia para la distribución óptima de energía a partir de diferentes fuentes cercanas a la ciudad de Pasto [15].

ASC INGENIERÍA S.A. E.S.P

Después de cuatro años de Investigación y Aprendizaje del comportamiento del Mercado de Energía Mayorista en Colombia y tras haber cumplido con todos los requisitos de índole legal y económico exigidos, el 23 de Marzo de 2003, ASC INGENIERÍA S.A. E.S.P.

es aceptada como la primera empresa Privada Comercializadora de Energía Eléctrica de Nariño con personal y capital netamente de esta región.

ASC Ingeniería es una persona jurídica con régimen privado y plena capacidad para ejercer derechos y contraer obligaciones que desarrollen su objeto social de prestación de servicios, específicamente el de energía eléctrica al departamento de Nariño. Campo de acción está principalmente en el sector industrial y comercial, con funciones de agente comercializador, teniendo en cuenta que la comercialización consiste en la actividad de compra de energía eléctrica en el mercado mayorista y su posterior venta a los usuarios finales, regulados o no regulados en todo el territorio colombiano. Los municipios con principal influencia son: Pasto, Ipiales, Tumaco, Yacuanquer, Guachucal, Cumbal, San Lorenzo e Imués.

5. Productos, Actividades y Personal Requerido

Objetivo 1: Identificación de fuentes energéticas alternativas

- **Producto 1:** Base de datos de recopilación y clasificación de información disponible sobre fuentes alternativas detallando tipo, ubicación, disponibilidad, accesibilidad, estudios previos y otras bases de datos consultadas.
Actividad: Recolección de información sobre estudios y proyectos alrededor de energías alternativas en fuentes secundarias de entidades como el IPSE, la UPME, el IDEAM, Universidades, empresas locales de servicios de energía y entidades gubernamentales municipal y departamental, entre otras.
Personal: Ingenieros eléctricos/electrónicos, asistentes de investigación (pregrado).
- **Producto 2:** Documento detallado sobre la metodología de socialización del alcance general del proyecto en los diferentes municipios, contemplando agendas y actas de las reuniones con las entidades públicas, empresas de energización local y representantes de las comunidades.
Actividad: Realización de reuniones concertadas con entidades gubernamentales, empresas locales prestadoras de servicios de energía y comunidades involucradas en el estudio, que abarquen el alcance del proyecto y los acuerdos básicos sobre la información requerida y la participación de la comunidad en la recolección de datos.
Personal: Sociólogo/antropólogo y trabajador social con la asesoría de un coordinador técnico del área, ingeniero eléctrico (o electrónico).
- **Producto 3:** Sistema de información basado en la medición telemétrica de velocidad de viento, radiación solar, caudal a filo de agua y análisis de gases para la clasificación y descripción detallada de potenciales energéticos alternativos con su respectiva georreferenciación, mediciones directas y proyecciones estadísticas.
Actividad: Proceso de adquisición y posterior instalación de equipos de medición y sistema central de recolección de datos para potenciales energéticos (solar, eólico, hidráulico y de biomasa) en zonas viables (e.g., Bocagrande, Salahonda, El Charco y Santa Bárbara) de acuerdo con la información secundaria recopilada.
Personal: Ingenieros Ambiental, Civil, Mecánico, Sistemas, Electrónico; físico, químico, geógrafo, topógrafo, técnicos electricistas y asistentes de investigación (maestría y pregrado), investigador doctoral.
- **Producto 4:** Documento donde se describa detalladamente la metodología para la identificación de zonas con mejores oportunidades energéticas teniendo en cuenta indicadores estándar como velocidades mínimas de viento, horas de radiación promedio, caudales estimados y componentes y capacidad de los gases.

Actividad: Análisis de los datos para establecer una metodología de clasificación de fuentes energéticas de acuerdo al tipo, eficiencia, índices de rendimiento, accesibilidad a la zona y potencial energético proyectado.

Personal: Experto en estadística, geógrafo, químico e ingenieros mecánico, eléctrico/electrónico y ambiental, y asistentes de investigación (maestría y pregrado).

Objetivo 2: Diseño de una posible solución de energización con fuentes alternativas

- Producto 1: Esquemas eléctricos genéricos de las redes existentes en la zona escogida para el diseño técnico incluyendo sistemas de generación, distribución y carga instalada.

Actividad: Selección de una zona específica de acuerdo a los resultados de la metodología de identificación de fuentes más atractivas y realización de esquemas preliminares de la infraestructura eléctrica que permitan el planteamiento de diferentes soluciones.

Personal: Ingenieros eléctrico/electrónico, civil, topógrafo y asistentes de investigación (pregrado).

- Producto 2: Documento sobre las estrategias de socialización del alcance del proyecto en la zona escogida para el estudio de prefactibilidad, actas, documentos de soporte sobre acuerdos básicos de permisos, disponibilidad y accesibilidad a la zona y selección de representantes de la comunidad escogidos para capacitación.

Actividad: Socialización y concertación con entidades gubernamentales, empresas locales prestadoras de servicios de energía y la comunidad, sobre el alcance y las implicaciones técnicas de la alternativa a diseñar y capacitación de gestores de conocimiento en temas energéticos en la zona para la divulgación a la comunidad de los productos de la investigación.

Personal: Sociólogo/antropólogo, trabajador social, Ingeniero eléctrico/electrónico.

- Producto 3: Documento detallado sobre al menos dos estudios eléctricos viables en la zona escogida sobre modelos prototipo de generación en isla o en interconexión al sistema central, simulaciones de los sistemas de distribución, flujos de carga, cálculos de la demanda promedio y estimación de la demanda a mediano plazo.

Actividad: Realización de estudios técnicos y simulación sobre modelos prototipo de generación y abastecimiento de energía en la zona seleccionada para diferentes tipos de demandas y configuraciones de las cargas considerando la posibilidad de operación en isla con los generadores alternativos o la interconexión al sistema central.

Personal: Ingenieros eléctricos, asistentes de investigación (maestría y pregrado), investigador doctoral.

- **Producto 4:** Documento con el listado detallado de las alternativas viables incluyendo los aspectos más importantes de las redes inteligentes (i.e., generación distribuida, protecciones sistema de comunicaciones, estrategias de control y medición inteligente) para la caracterización técnica y económica de las posibles implementaciones.

Actividad: Selección de sistemas de generación, esquemas de conexión, protocolos de comunicaciones, sistemas SCADA, estrategias de asignación de recursos y técnicas de medición adecuados para las alternativas de implementación diseñadas y simuladas.

Personal: Ingenieros eléctricos/electrónicos, mecánico, investigador doctoral y asistentes de investigación (maestría y pregrado), investigador doctoral.
- **Producto 5:** Diseño de una alternativa de energización rural completa con generación distribuida y redes inteligentes, replicable en regiones similares o con cambios metodológicos menores.

Actividad: Elaboración de esquemas eléctricos de generación y distribución para las fuentes escogidas, diseño de subestaciones, esquemas de comunicaciones y control, selección de equipos, diseños de la obra civil, presupuestos y cronogramas.

Personal: Ingenieros eléctricos, electrónicos, civiles, mecánicos, investigador doctoral y asistentes de investigación (maestría y pregrado), investigador doctoral.
- **Producto 6:** Proyecto integral sostenible formulado y estructurado en el corto plazo en un formato listo para presentar a entidades de financiación (e.g., el SGR).

Actividad: Elaboración de un proyecto de inversión sostenible teniendo en cuenta la alternativa energética viable, el estudio económico y el diseño técnico para la realización del estudio de factibilidad en la siguiente fase del proyecto.

Personal: Ingenieros eléctrico, mecánico y ambiental, economista, experto en formulación de proyectos, asistentes de investigación (maestría), investigador doctoral.

Objetivo 3: Fortalecimiento de una línea de investigación en gestión energética

- **Producto 1:** Una agenda de investigación conjunta a corto (2 años) y mediano (6 años) plazo entre Universidad de Nariño y Universidad de los Andes.

Actividad: Definición de las principales temáticas y proyectos de desarrollo futuro de la línea de acuerdo con los perfiles académicos e institucionales de los grupos de investigación cooperantes, la demanda de proyectos y las convocatorias existentes para financiación estudiantil, docente y de implementación.

Personal: Ingenieros eléctricos, electrónicos, mecánicos, sistemas, civiles.
- **Producto 2:** Un convenio de cooperación académica interuniversitaria.

Actividad: Formalización de acuerdos para la legalización de un convenio de cooperación académica entre departamentos de ingeniería electrónica según las condiciones y políticas de cada entidad.

Personal: Ingenieros eléctricos, electrónicos, mecánicos, sistemas, civiles.

- Producto 3: Proyecto de un programa de posgrado y estudio de prefactibilidad para la creación del Centro de Investigación en Energía de Nariño.

Actividad: Formulación de un plan estratégico para la proyección de la formación y sostenimiento de la investigación en gestión energética por medio del planteamiento de un programa de posgrado y la creación de un centro de investigación en la Universidad de Nariño basado en la cooperación interuniversitaria.

Personal: Ingenieros eléctricos, electrónicos, mecánicos, sistemas, civiles.

- Producto 4: Diseños civiles y arquitectónicos para adecuación de infraestructura.

Actividad: Proyección de los requerimientos del departamento de electrónica de la Universidad de Nariño para la elaboración de diseños de adecuación de infraestructura soporte de laboratorios y logística.

Personal: Ingenieros eléctricos, electrónicos, civil y arquitecto.

Objetivo 4: Realización de un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema prototipo de red inteligente

- Producto 1: Documento de caracterización de los principales sistemas prototipos exitosos implementados en diferentes universidades con los elementos de investigación y desarrollo más relevantes de las redes inteligentes y sus aplicaciones a la apropiación tecnológica de los sistemas de distribución reales.

Actividad: Estudio de los principales componentes de las redes inteligentes, su influencia en el diseño de sistemas de distribución moderno por medio de microrredes y sus aplicaciones en programas de investigación, desarrollo y apropiación tecnológica.

Personal: Ingenieros eléctricos/electrónicos, mecánicos y asistentes de investigación (maestría y pregrado).

- Producto 2: Esquemas eléctricos completos, análisis de la calidad de la potencia, estudios de demanda y eficiencia energética de la red eléctrica actual del campus de la Universidad de Nariño.

Actividad: Estudio detallado de la red eléctrica existente en las diferentes sedes del campus de la Universidad de Nariño para la definición de los principales parámetros a ser tenidos en cuenta en la implementación de una red inteligente.

Personal: Ingenieros eléctricos/electrónicos, mecánicos, investigador doctoral, asistentes de investigación (maestría y pregrado).

- Producto 3: Documento con los diseños técnicos y económicos detallados de un sistema prototipo de investigación robusto, reconfigurable y expandible que permita la prueba de equipos y sistemas de redes inteligentes industriales así como la experimentación con fines de exploratorios e investigación aplicada.
Actividad: Diseño de una microred en el campus de la Universidad de Nariño teniendo en cuenta elementos de generación, comunicación, control, protección y medición de las principales variables eléctricas de la red inteligente que permita la investigación y apropiación de tecnología.
Personal: Ingenieros eléctricos/electrónicos, mecánicos, investigador doctoral, asistentes de investigación (maestría y pregrado).

6. Indicadores de Producto

Cuadro 1. Indicadores de producto, Objetivo 1

Producto	Indicador
Base de datos de recopilación y clasificación de información disponible sobre fuentes alternativas detallando tipo, ubicación, disponibilidad, accesibilidad, estudios previos y otras bases de datos consultadas.	Productos de Información técnico y científica desarrollados
Documento detallado sobre la metodología de socialización del alcance general del proyecto en los diferentes municipios, contemplando agendas y actas de las reuniones con las entidades públicas, empresas de energización local y representantes de las comunidades.	Gestores del conocimiento y la innovación capacitados
Sistema de información basado en la medición telemétrica de velocidad de viento, radiación solar, caudal a filo de agua y análisis de gases para la clasificación y descripción detallada de potenciales energéticos alternativos con su respectiva georreferenciación, mediciones directas y proyecciones estadísticas.	Estudios Realizados
Documento donde se describa detalladamente la metodología para la identificación de zonas con mejores oportunidades energéticas teniendo en cuenta indicadores estándar como velocidades mínimas de viento, horas de radiación promedio, caudales estimados y componentes y capacidad de los gases.	Metodologías para los estudios de impacto planteadas

Cuadro 2. Indicadores de producto, Objetivo 2

Producto	Indicador
Esquemas eléctricos genéricos de las redes existentes en la zona escogida para el diseño técnico incluyendo sistemas de generación, distribución y carga instalada.	Productos de Información técnico y científica desarrollados
Documento sobre las estrategias de socialización del alcance del proyecto en la zona escogida para el estudio de prefactibilidad, actas, documentos de soporte sobre acuerdos básicos de permisos, disponibilidad y accesibilidad a la zona y selección de representantes de la comunidad escogidos para capacitación.	Gestores del conocimiento y la innovación capacitados
Documento detallado sobre al menos dos estudios eléctricos viables en la zona escogida sobre modelos prototipo de generación en isla o en interconexión al sistema central, simulaciones de los sistemas de distribución, flujos de carga, cálculos de la demanda promedio y estimación de la demanda a mediano plazo.	Productos de Información técnico y científica desarrollados
Documento con el listado detallado de las alternativas viables incluyendo los aspectos más importantes de las redes inteligentes (i.e., generación distribuida, protecciones sistema de comunicaciones, estrategias de control y medición inteligente) para la caracterización técnica y económica de las posibles implementaciones.	Productos de Información técnico y científica desarrollados

Diseño de una alternativa de energización rural completa con generación distribuida y redes inteligentes, replicable en regiones similares o con cambios metodológicos menores.	Productos de Información técnico y científica desarrollados
Proyecto integral sostenible formulado y estructurado en el corto plazo en un formato listo para presentar a entidades de financiación (e.g., el SGR).	Proyectos piloto estructurados con energías alternativas en zonas no interconectadas

Cuadro 3. Indicadores de producto, Objetivo 3

Producto	Indicador
Una agenda de investigación conjunta a corto (2 años) y mediano (6 años) plazo entre Universidad de Nariño y Universidad de los Andes.	Estudios Realizados
Un convenio de cooperación académica interuniversitaria.	Personas Capacitadas
Proyecto de un programa de posgrado y estudio de prefactibilidad para la creación del Centro de Investigación en Energía de Nariño.	Centros De Investigación Y Desarrollo Tecnológico Apoyados
Diseños civiles y arquitectónicos para adecuación de infraestructura.	Estudios Realizados

Cuadro 4. Indicadores de producto, Objetivo 4

Producto	Indicador
Documento de caracterización de los principales sistemas prototipos exitosos implementados en diferentes universidades con los elementos de investigación y desarrollo más relevantes de las redes inteligentes y sus aplicaciones a la apropiación tecnológica de los sistemas de distribución reales.	Productos de Información técnico y científica desarrollados
Esquemas eléctricos completos, análisis de la calidad de la potencia, estudios de demanda y eficiencia energética de la red eléctrica actual del campus de la Universidad de Nariño.	Productos de Información técnico y científica desarrollados
Documento con los diseños técnicos y económicos detallados de un sistema prototipo de investigación robusto, reconfigurable y expandible que permita la prueba de equipos y sistemas de redes inteligentes industriales así como la experimentación con fines de exploratorios e investigación aplicada.	Productos de Información técnico y científica desarrollados

7. Resultados Esperados, Fuentes de verificación y Potenciales Beneficiarios

Cuadro 5. Generación de nuevo conocimiento

Resultado esperado	Fuente de Verificación	Beneficiario
Metodología para identificación de zonas con mejores oportunidades energéticas.	Artículo en conferencia nacional.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Sistema de información telemétrico para la medición de potenciales energéticos alternativos.	Artículo en conferencia internacional.	Grupos de investigación, programas de formación comunidad académica y entidades energéticas regionales y nacionales.
Clasificación de zonas y fuentes, de acuerdo a su potencial energético y viabilidad, a ser consideradas como alternativas de generación implementables.	Mapa energético detallado del departamento.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales.
Estudios sobre modelos prototipo de generación en isla o en interconexión al sistema central con redes inteligentes.	Artículo en conferencia nacional.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales.
Diseño de una alternativa completa de energización rural con generación distribuida y redes inteligentes.	Artículo en conferencia internacional.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Diseño y caracterización de redes inteligentes en sistemas de distribución.	Artículo en revista indexada.	Grupos de investigación, programas de formación comunidad académica y entidades energéticas regionales y nacionales.
Optimización y asignación de recursos en microgrids.	Artículo en revista indexada.	Grupos de investigación, programas de formación comunidad académica y entidades energéticas regionales y nacionales.
Técnicas de eficiencia energética y manejo de recursos distribuidos.	Artículo en conferencia Internacional.	Grupos de investigación, programas de formación comunidad académica y entidades energéticas regionales y nacionales.

Cuadro 6. Fortalecimiento de la comunidad científica

Resultado esperado	Fuente de Verificación	Beneficiario
Sistema de información para la medición de potenciales energéticos alternativos.	1 tesis de maestría. 2 trabajos de grado.	Grupos de investigación y entidades energéticas regionales.
Metodología para identificación de zonas con mejores oportunidades energéticas.	1 tesis de maestría. 1 trabajo de grado.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Esquemas preliminares de la infraestructura eléctrica para el planteamiento de soluciones.	1 trabajo de grado.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Estudios técnicos prototipo de generación y abastecimiento de energía y redes inteligentes.	1 tesis de maestría.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Selección de sistemas de generación, esquemas de conexión, protocolos de comunicaciones, estrategias de control y técnicas de medición adecuados para la instalación.	1 tesis de maestría. 1 trabajo de grado.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Esquemas eléctricos de generación y distribución, diseño de subestaciones, esquemas de comunicaciones y control.	1 tesis de maestría. 1 trabajo de grado.	Zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales.
Estudio de la red eléctrica actual del campus de la Universidad de Nariño.	1 trabajo de grado.	Universidad de Nariño, grupos de investigación cooperantes.
Diseño y caracterización en redes inteligentes en sistemas de distribución.	1 tesis de maestría. 1 trabajo de grado.	Grupos de investigación, programas de formación comunidad académica y entidades energéticas regionales y nacionales.

Cuadro 7. Apropiación social del conocimiento

Resultado esperado	Fuente de Verificación	Beneficiario
Capacitación de gestores de conocimiento en temas de energías alternativas en la comunidad seleccionada.	Cartilla multimedia de instrucción y divulgación a la comunidad.	Comunidad, entidades energéticas y gubernamentales regionales.
Socialización de la metodología para la elaboración del mapa energético del departamento.	Ponencia en la Semana de Ingeniería de la Universidad de Nariño.	Población de las zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales, comunidad académica en general.
Relación de fuentes energéticas alternativas viables para la implementación de redes inteligentes.	Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.	Grupos de investigación y entidades energéticas regionales y nacionales, comunidad académica en general.
Diseño y proyección de redes inteligentes en el departamento de Nariño.	Eventos Cámara de Comercio.	Población de las zonas apartadas y/o no interconectadas, grupos de investigación y entidades energéticas regionales, comunidad académica en general.
Técnicas de optimización y control de eficiencia energética.	Seminarios de grupos de investigación Universidad de Nariño y Universidad de los Andes.	Grupos de investigación Universidad de Nariño y Universidad de los Andes.

Cuadro 8. Impactos Esperados

Impacto esperado	Plazo	Fuente de Verificación	Supuestos
Fase 3: Estudio de factibilidad de generación energética aprovechando las fuentes con mayor viabilidad.	Corto plazo (1 año)	Proyecto estructurado.	Aprobación de este proyecto.
Fase 3: Estudio de factibilidad de sistema prototipo de investigación	Corto plazo (1 año)	Proyecto estructurado.	Aprobación de este proyecto.

en el campus universitario			
Fase 4: Implementación de una red inteligente prototipo en el campus de la Universidad de Nariño para pruebas de laboratorio y generación de proyectos de investigación para el desarrollo de este tipo de sistemas.	Mediano plazo (2 años)	Proyecto estructurado.	Aprobación de la Fase 3 del proyecto.
Fase 4: Implementación de un sistema de red inteligente en una zona rural con generación distribuida, medición inteligente, control de generación, bases de datos y un sistema de tarificación y cuantificación de beneficios en un mercado de energía real.	Mediano plazo (2 años)	Proyecto estructurado.	Aprobación de la fase 3 del proyecto.

8. Riesgos, efectos y medidas de mitigación

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medidas de Mitigación	Asignación del Riesgo
Resistencia de la población a la recopilación de información en la zona escogida	Poco probable	Retardos en la obtención de la información por buscar otra posible zona para realizar los estudios de los problemas y oportunidades energéticas	Alto	Capacitación y difusión apropiada de los alcances, ventajas e implicaciones del proyecto. Generación de alianzas con grupos, autoridades y empresas de prestación de servicios locales.	Universidad de Nariño, Universidad de los Andes, ASC Ingeniería.
Problemas de orden público en las zonas de estudio	Probable	Dificultades en los estudios de identificación de problemáticas y fuentes energéticas, y en el estudio de prefactibilidad para energización utilizando fuentes alternativas.	Alto	Socialización objetiva de los alcances del proyecto para obtener apoyo de las autoridades legales regionales.	Universidad de Nariño, Universidad de los Andes, ASC Ingeniería.
Dificultad de acceso a información adecuada en poblaciones, empresas prestadoras de servicios y entidades gubernamentales	Poco probable	Falta de confianza en datos importantes que deben ser obtenidos de medios diferentes a los oficiales. Esta información puede representar imprecisiones en modelos, mapas y mediciones de fuentes energéticas y problemas regionales específicos.	Moderado	Generación de alianzas con las entidades gubernamentales, empresas prestadoras de servicios, grupos comunitarios y autoridades locales.	Universidad de Nariño, Universidad de los Andes, ASC Ingeniería.
Cambio en precios de equipos desde cotización a mediados de 2013 a fecha de compra (estimada en junio de 2014).	Muy probable	Cambios en rubros y certificados de disponibilidad presupuestal para equipos e instalación.	Moderado	Traslados presupuestales en desde diferentes rubros para compensación. Uso de rubro de imprevistos y gastos administrativos.	Universidad de Nariño, Universidad de los Andes, ASC Ingeniería y Contratista.
Mayores gastos operativos y/o administrativos en la ejecución de la interventoría por parte del contratista	Poco probable	Retrasos en informes de interventoría.	Moderado	Solicitar a los oferentes que estructuren en forma diligente la oferta económica, ya que no se aceptarán reclamaciones o reconocimiento por este concepto.	Contratista.

9. Cronograma

Obj. No.	OBJETIVO ESPECÍFICO	Código Act.	ACTIVIDAD	MES																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Identificar las principales fuentes energéticas alternativas disponibles en quince (15) municipios preseleccionados incluyendo aspectos geográficos, mediciones directas y proyecciones estadísticas de las fuentes más importantes.	A1-1	Recolección de información sobre estudios y proyectos alrededor de energías alternativas en fuentes secundarias de entidades como el IPSE, la UPME, el IDEAM, Universidades, empresas locales de servicios de energía y entidades gubernamentales municipal y departamental, entre otras.																								
		A1-2	Realización de reuniones concertadas con entidades gubernamentales, empresas locales prestadoras de servicios de energía y comunidades involucradas en el estudio, que abarquen el alcance del proyecto y los acuerdos básicos sobre la información requerida y la participación de la comunidad en la recolección de datos.																								
		A1-3	Proceso de adquisición y posterior instalación de equipos de medición y sistema central de recolección de datos para potenciales energéticos (solar, eólico, hidráulico y de biomasa) en zonas viables (e.g., Bocagrande, Salahonda, El Charco y Santa Bárbara) de acuerdo con la información secundaria recopilada.																								
		A1-4	Análisis de los datos para establecer una metodología de clasificación de fuentes energéticas de acuerdo al tipo, eficiencia, índices de rendimiento, accesibilidad a la zona y potencial energético proyectado.																								

10. Referencias

- [1] Andrés Pantoja and Nicanor Quijano. Distributed Optimization Using Population Dynamics with a Local Replicator Equation. Proceedings of the 51th IEEE Conference on Decision and Control, ISBN 978-1-4673-0457-3, pp. 3790-3795, 2012, Hawaii, USA.
- [2] Andrés Pantoja and Nicanor Quijano. Dispatch of distributed generators using replicator dynamics. Proceedings of Complexity in Engineering COMPENG '10, pp. 55-57, 2010.
- [3] Andrés Pantoja and Nicanor Quijano. A Population Dynamics Approach for the Dispatch of Distributed Generators. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vo. 58, No. 10, pp. 4559-4567, 2010.
- [4] Andrés Pantoja, Nicanor Quijano, and Kevin M. Passino. Dispatch of Distributed Generators Using a Local Replicator Equation. Proceedings of the 50th IEEE Conference on Decision and Control, pp. 7494-7499, 2011.
- [5] Andrés Pantoja, Nicanor Quijano, and Sylvain Leirens. A bioinspired approach for a multizone temperature control system. Bioinspiration & Biomimetics, vol. 6, no. 1, p. 016007, 2011.
- [6] Camilo Táutiva, Ángela Cadena, and Freddy Rodríguez. Optimal placement of distributed generation on distribution networks. In Proceedings of the 44th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2009.
- [7] Camilo Táutiva and Ángela Cadena. Distributed Generation Planning: Optimal Placement Considering Technical and Economical Impacts. Submitted for Journal Publication. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2011.
- [8] Germán Obando, Andrés Pantoja, and Nicanor Quijano. Evolutionary game theory applied to building temperature control. In Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems NOLCOS 2010, pp. 1140–1145, 2010.
- [9] Lina P. Escobar R. Simulación de ganancias en bienestar derivadas de la implementación de programas de demanda participativa basados en precios para la carga no regulada en Colombia. Master's thesis, Universidad de los Andes, 2008.
- [10] Lina M. Beltrán. Programa de medición avanzada y respuesta de la demanda para el sector residencial de Codensa. Tesis de pregrado, Universidad de los Andes, 2010.

[11] Paola Baratto C. Beneficios de adoptar un programa de respuesta de la demanda en un mercado de clientes no regulados en Colombia. Master's thesis, Pontificia Universidad Javeriana, 2010.

[12] Universidad de los Andes, Universidad Nacional, CODENSA-Colciencias. Distribución Eléctrica Inteligente SILICE. Reporte Técnico. Mayo 2009.

[13] Universidad de los Andes, Universidad Nacional, CODENSA-Colciencias. Distribución Eléctrica Inteligente SILICE Fase II. Reporte Técnico. Enero 2012.

[14] Universidad de los Andes. Asesoría para el diseño de un mecanismo de mercado para la participación y remuneración de la demanda desconectable. Technical report, Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, 2007.

[15] L. Chávez, J. Villota, D. Fajardo, A. Pantoja. "Economic Dispatch of Renewable Power Generators in a Microgrid". Proceedings of the IEEE International Symposium on Alternative Energies and Energy Quality (SIFAE), 2012.