

INFORME DE IMPACTO

2022

PROGRAMA DE EVALUACIÓN INDUSTRIAL PEVI

DERECHOS Y PERMISOS

Todos los derechos de uso y reproducción total o parcial de esta publicación quedan reservados. Se permitirá la reproducción parcial o total del documento cuando esta se realice para fines académicos sin propósitos comerciales, o de beneficio o reconocimiento individual.

Asimismo, cualquier uso total o parcial para adaptaciones o traducciones del contenido del presente documento, deberá contar con la autorización específica de UPME y ONUDI. Se debe solicitar en cada caso la autorización de producción a la ONUDI, dirigida a Marco Matteini.

Vienna International Centre P.O. Box 300 1400 Viena, Austria

Tel.: +43 1 26026 4583 - Fax: +43 1 26026 6803

Correo electrónico: m.matteini@unido.org



MINISTERIO DE MINAS Y
ENERGÍA



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Diego Mesa Puyo
Ministro

Miguel Lotero Robledo
Viceministro de Energía

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

Christian Rafael Jaramillo Herrera
Director General

Lina Patricia Escobar Rangel
Subdirector de Demanda

Olga Victoria González González
Asesora Subdirección de Demanda

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Marco Matteini
Industrial Development Officer (Oficial de Desarrollo Industrial)

Carolina González-Mueller
Representante - Oficina para Colombia

Lilliana Morales Rodríguez
Project Associate Energy Systems and Infrastructure

EQUIPO DEL PROGRAMA EEI COLOMBIA

Elkin Eduardo Ramírez Prieto
Coordinador Técnico Nacional

Marjorie Luz Pérez Leones
Asistente Administrativa

OTROS COLABORADORES

Juan Carlos Campos Campos
Director Centro PEVI Universidad del Atlántico

Cesar Yobany Acevedo Arenas
Director Centro PEVI Universidad Autónoma de Bucaramanga

Juan Ricardo Vidal Medina
Director Centro PEVI Universidad Autónoma de Occidente

Brian Ortiz Cera
Diseño y diagramación

Impreso en Colombia

CONTENIDO

1. Resumen Ejecutivo	5
2. Antecedentes del Programa	6
2.1. Programa Piloto PEVI – Fase I (2017-2019)	6
2.2. Programa PEVI – Fase II (2019).....	7
3. Ejecución del Programa de Evaluación Industrial – Fase III (2020-2022)	9
4. Metodología de intervención PEVI.....	11
4.1. Participantes en el Programa de Evaluación Industrial	11
4.2. Modelo de organización de un centro de evaluación industrial (centro PEVI).....	12
4.2.1. Perfiles	12
4.3. Modelo de operación de un centro de evaluación industrial	13
4.3.1. Instalaciones y recursos	13
4.4. Metodología de trabajo de un centro de evaluación industrial	15
4.4.1. Gestión centro PEVI y selección de industrias participantes	17
4.4.2. Inicio, recopilación de información y prediagnóstico.....	18
4.4.3. Análisis de información y desarrollo instrumentos de control.....	19
4.4.4. Ejecución diagnóstico y análisis	20
4.4.5. Informe de auditoría, retroalimentación y cierre	21
4.4.5.1. De la auditoria energética y su informe.....	22
5. Impacto de la implementación de los centros PEVI: Indicadores de impacto	25
5.1. Centro PEVI Universidad del Atlántico - Uniatlántico.....	25
5.2. Centro PEVI Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB	27
5.3. Centro PEVI Universidad Autónoma de Occidente - UAO	29
5.4. Resultados agregados centros PEVI.....	30
5.5. Resultados agregados PEVI Fase III.....	33
5.6. Análisis de brechas ISO 50001	35
6. Estrategia de sostenibilidad de los centros PEVI	38
6.1. Programa IAC del Departamento de Energía de los Estados Unidos y el Programa PEVI.....	38
6.2. Desarrollo del Programa PEVI dentro de la modalidad de extensión universitaria	39
6.3. Sostenibilidad Centro PEVI Uniatlántico	41
6.4. Sostenibilidad Centro PEVI UNAB	42
6.5. Sostenibilidad Centro PEVI UAO.....	43
6.6. Fuentes de financiamiento al Programa PEVI	44
6.6.1. Sector Público	44
6.6.2. Sector Privado.....	46
7. Conclusiones y recomendaciones	47

INDICES

Tablas

Tabla 1: Equipos de medición disponibles en los centros PEVI.....	14
Tabla 2: Resumen ejecución centros PEVI	31
Tabla 3: Resumen ejecución centros PEVI Fase III	34

Figuras

Figura 1: Organización equipo de trabajo centro PEVI	13
Figura 2: Patrón de ejecución de auditoría ISO 50002.....	16
Figura 3: PMetodología de trabajo centros PEVI.....	17
Figura 4: Resumen conformación y proceso centro PEVI Uniatlántico.....	26
Figura 5: Consumo – Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI Uniatlántico.....	26
Figura 6: Emisiones evitadas centro PEVI Uniatlántico.....	27
Figura 7: Empresas Participantes.....	27
Figura 9: Consumo – Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI UNAB.....	28
Figura 8: Resumen conformación y proceso centro PEVI Uniatlántico.....	28
Figura 10: Consumo – Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI UNAB.....	28
Figura 11: Empresas Participantes.....	28
Figura 12: Resumen conformación y proceso centro PEVI UAO.....	29
Figura 14: Emisiones evitadas centro PEVI UAO.....	30
Figura 13: Consumo – Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI UAO.....	30
Figura 15: Emisiones evitadas centro PEVI UAO.....	30
Figura 16: Gráfico de empresas por sector.....	31
Figura 17: Consumos vs Ahorros (Agregados).....	32
Figura 19: Emisiones generadas vs emisiones evitadas.....	32
Figura 18: Ahorros identificados por centro PEVI.....	32
Figura 20: Emisiones generadas por centro PEVI.....	33
Figura 21: Número de recomendaciones identificadas por tipo.....	33
Figura 22: Consumos vs Ahorros (Agregados fase III).....	34
Figura 23: Ahorros identificados por centro PEVI Fase III.....	34
Figura 24: Emisiones generadas vs emisiones evitadas Fase III.....	35
Figura 25: Número de recomendaciones identificadas por tipo fase III.....	35
Figura 26: Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50001.....	36
Figura 27: Criterios a trabajar análisis de brecha ISO 50001.....	37

1. Resumen Ejecutivo

El presente informe resume los resultados obtenidos en desarrollo del Programa de Evaluación Industrial – PEVI- ejecutado por UPME y ONUDI, a partir de las actividades realizadas de organización y formación de centros de evaluación industrial (centros PEVI) en tres regiones del país y de capacitación en Sistemas de Gestión de la Energía – SGEN para estudiantes de ingeniería y el personal designado por parte de las industrias que participaron durante las tres fases de ejecución del programa.

La estrategia de ejecución del Programa PEVI se trabajó bajo el esquema Industria-Academia-Estado, con el fin de lograr una articulación entre el entorno empresarial, la experticia técnica que ofrece la academia, y el marco del esquema normativo y regulatorio del Estado.



La participación de la academia se realizó en alianza con tres universidades en tres regiones del país teniendo en cuenta que estas tienen grupos de investigación que se encuentran reconocidos ante el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en categorías C, B, A y A1, y cuyas líneas de investigación están orientadas a temas afines a eficiencia energética. Las universidades que aportaron al desarrollo del proyecto, la idoneidad de docentes con amplia experiencia y conocimientos en eficiencia energética y sistemas de gestión de la energía bajo la norma ISO 50001, así como su infraestructura física, laboratorios y equipos de medición y software especializado en simulación energética; con el fin de afianzar la creación de capacidades en estas instituciones académicas y fortalecer el vínculo universidad – industria, fueron: Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma de Occidente y Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Los centros PEVI atendieron en tres fases un total de 51 industrias de diferentes sectores de manufactura, de los subsectores fabricación alimentos, bebidas, metalúrgicos básicos, de sustancias y productos químicos, entre otros, presentes en los departamentos de Atlántico, Santander y Valle del Cauca. De esta forma, se identificaron potenciales de ahorro de energía equivalentes a 346 TJ/año con una reducción en emisiones de Gases Efecto Invernadero - GEI de 18.522 tCO₂/año.

Se impartieron 65 jornadas de capacitaciones cuyos ejes temáticos alineados con la norma ISO 50001 de sistemas de gestión de la energía. Estas jornadas contaron con la participación de 78 trabajadores de industrias, 23 estudiantes de posgrados y 61 estudiantes de pregrado. La participación de género fue de cerca del 32%.

2. Antecedentes del Programa

En el año 2015 la UPME y ONUDI formularon el proyecto “Promoción de la eficiencia energética industrial en las industrias colombianas – EEI Colombia” el cual fue presentado y aprobado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial – GEF - para un periodo de ejecución de tres años. Este proyecto fue realizado en paralelo a la formulación y parte de la ejecución del PAI PROURE 2017-2022, concatenando esfuerzos para promover las mejores prácticas en eficiencia energética en los sectores de mayor consumo de energía y con mayor potencial de ahorro en eficiencia energética. El sector industrial representaba un 22.2% del consumo y un potencial de ahorro de 1.53%

Con la ejecución el proyecto EEI, se evidenciaron oportunidades de ahorro para el sector industrial y se contemplaron medidas de mejora, como buenas prácticas operacionales, cambio tecnológico, la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía – SGEN según los lineamientos de la familia de normas ISO 50000, y la ejecución de auditorías energéticas. Lo anterior permitió incorporar algunas medidas de eficiencia energética como parte de aquellas que podían aplicar a los incentivos tributarios definidos en el Estatuto Tributario y la Ley 1715 de 2014.

Para lograr la sostenibilidad de las acciones desarrolladas con el proyecto GEF EEI Colombia, se diseñó el Programa de Evaluación Industrial – PEVI- como una estrategia de continuidad que permitiera promover las oportunidades de eficiencia energética en el sector industrial. Para ello, se estableció una vinculación triangular entre el entorno productivo (la Industria), el de conocimiento (la Academia) y el normativo y regulatorio (el Estado) para que a través de ONUDI y UPME se fortaleciera la capacidad técnica en las universidades que han desarrollado trabajos e investigaciones en el campo de la eficiencia energética, vinculadas al proyecto EEI Colombia, y que contaban además con una relación activa con el sector industrial local de las regiones en que se encontraban ubicadas; a fin de propender por un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos utilizados en la industria y con ello contribuir a un mayor desarrollo sostenible de la pequeña y mediana empresa, para obtener una mayor productividad y competitividad empresarial bajo parámetros de responsabilidad social universitaria, empresarial y pública.

En el marco de lo anterior a finales de 2017 se firmó un convenio de cooperación para la creación de un fondo fiduciario entre UPME y ONUDI, con el fin de lograr la implementación del Programa de Evaluación Industrial como competente del proyecto EEI Colombia, iniciando con una fase piloto, con el objetivo de identificar oportunidades de eficiencia energética más costo efectivas en el corto y mediano plazo y formar gestores energéticos en las universidades que resultaran asociadas.

2.1. Programa Piloto PEVI – Fase I (2017-2019)

En octubre de 2017 se firmó el primer acuerdo de creación de fondo fiduciario para el desarrollo de la fase piloto del programa PEVI por valor de seiscientos ochenta y siete millones de pesos (COP \$687.000.000)

en recursos aportados por UPME y una contrapartida de la ONUDI por valor de ochocientos ochenta y cuatro millones cien mil pesos (COP \$884.100.000).

Durante esta fase se buscaba: i) Fortalecer las capacidades técnicas de las regiones, mediante la formación práctica de auditores en eficiencia energética; ii) Difundir el uso de herramientas de software que agilizan los tiempos de diagnóstico e identificación de oportunidades de eficiencia energética; y iii) Mejorar la calidad de las recomendaciones/oportunidades de eficiencia energética identificadas, permitiendo aumentar la confianza de las industrias en invertir en este tipo de proyectos.

Las actividades llevadas a cabo para la realización del programa fueron:

1. Evaluar capacidades técnicas, operativas y físicas a nivel nacional para identificar las universidades socias en el desarrollo de un Programa de Evaluación Industrial para Colombia.
2. Elaborar propuesta de requerimientos para el Programa de Evaluación Industrial con las universidades a seleccionar.
3. Poner en marcha el Programa mediante el desarrollo de mínimo dos pilotos que se seleccionen con la industria y las universidades.
4. Capacitar y transferir conocimiento a otras universidades del país con potencial para participar del Programa de Evaluación Industrial.
5. Elaborar recomendaciones técnicas y operativas para hacer transferencia del Programa a otros actores interesados, incluyendo al sector industrial, centros de formación profesional e instituciones de la infraestructura de calidad (Subsistema Nacional de la Calidad).

Durante los 17 meses de ejecución de la fase I (piloto) del Programa PEVI se vincularon como universidades asociadas la Universidad del Atlántico (Barranquilla), la Universidad del Valle y la Universidad Autónoma de Occidente (Cali), las cuales establecieron a través de los programas de ingeniería y con la participación de profesores y estudiantes, unos grupos de trabajo interdisciplinario (futuro Centro PEVI), a través de los cuales se llevó a cabo la intervención a 12 industrias de diferentes sectores productivos (textil, hotelería, agroindustrias, agroquímicos, productos e insumos alimenticios, transformación de materias primas) pertenecientes a los corredores industriales de Barranquilla y Cali.

2.2. Programa PEVI – Fase II (2019)

Una vez finalizada la etapa piloto del Programa PEVI se desarrolló una segunda fase en la que se definió tener un grupo de trabajo líder, entre las Universidades participantes de la fase I, con el objetivo de desarrollar y validar la metodología que permite llevar a cabo una evaluación industrial, resultado de la etapa piloto ya cursada, sobre un nuevo conjunto de 3 nuevas empresas en su área de influencia.

Adicionalmente, se buscaba que el futuro Centro PEVI líder realizara el acompañamiento a una nueva Universidad para dar inicio a un nuevo piloto de Centro PEVI y realizar conjuntamente el abordaje en nuevas industrias del área de influencia de la nueva Universidad. Junto con dicho acompañamiento se buscaba que el futuro Centro PEVI líder desarrollara algunas tareas y actividades puntuales que le permitieran perfilarse como un Centro Administrador del Programa PEVI en una etapa operacional del programa, que se esperaba pueda ser desarrollada una vez se cuente con los recursos necesarios para financiar una operación continua.



Durante los 9 meses de ejecución de la fase II del Programa PEVI se vinculó como futuro Centro PEVI líder a la Universidad del Atlántico (Barranquilla), y como nuevo piloto Centro PEVI a la Universidad Autónoma de Bucaramanga (Bucaramanga). En esta fase se llevó a cabo la intervención a 9 industrias de diferentes sectores (clínicas y hospitales, productos e insumos alimenticios, textiles y transformación de materias primas) pertenecientes a los corredores industriales de Barranquilla y Bucaramanga.

Para el desarrollo de esta fase, se aprovecharon recursos disponibles no comprometidos del Proyecto EEI Colombia por una cuantía de aproximadamente trescientos millones de pesos (COP \$ 300.000.000).

3. Ejecución del Programa de Evaluación Industrial – Fase III (2020-2022)

Con las lecciones aprendidas del desarrollo de las fases I y II del Programa PEVI, a partir de agosto de 2020, la UPME y ONUDI acordaron asociarse y cooperar en la implementación del Proyecto en Colombia titulado Programa de Evaluación en la Industria. A diferencia de las fases I y II, la ejecución de esta nueva etapa buscaba garantizar la continuidad de esta iniciativa y robustecer las experiencias adquiridas en el PEVI, proponiendo establecer la formalización y desarrollo de tres (3) centros de evaluación industrial, en tres universidades colombianas diferentes, que apoyarán a las industrias de la región respectiva con la provisión de auditorías energéticas, concientización y capacitación sobre las mejores tecnologías disponibles de SGE y servicios de asesoría para el desarrollo de medidas de eficiencia energética. Para tal fin se buscaba:

- Fortalecer las capacidades técnicas de los equipos de trabajo de las universidades y/o centros de investigación que han realizado trabajos e investigaciones en el campo de la eficiencia energética y tienen una relación activa con el sector industrial.
- Realizar auditorías energéticas en industrias regionales para mejorar el desempeño energético con el fin de mejorar la productividad y competitividad industrial.
- Fortalecer propuestas metodológicas, modalidades operativas y modelos de negocio, así como herramientas de seguimiento y auditoría de las operaciones y actividades de los tres (3) Centros PEVI.
- Promover la asociación fáctica entre el sector productivo (industrias), el sector del conocimiento (academia) y el sector normativo (Estado) para un uso limpio de los recursos energéticos colombianos y la creación de empleos “verdes”, contribuyendo así al desarrollo sostenible de las regiones del país

Para tal fin, la UPME destinó un poco más de novecientos setenta y un millones de pesos (COP \$971.713.037). Por su parte ONUDI aportó una contrapartida en especie de mil doscientos cincuenta millones de pesos (\$1.251.260.000) representados en el costo del equipo técnico dispuesto para apoyar el convenio, viajes, documentos y software especializados en la temática.

Con base en el trabajo articulado que se realizó con las universidades en el marco de la ejecución del proyecto EEI Colombia, se identificaron 21 programas de ingeniería de diferentes universidades del país con enfoque académico en temáticas de eficiencia energética. La gran mayoría de estos programas de ingeniería han conformado grupos de investigación reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Investigación, por lo que de allí se seleccionaron aquellos cuyas líneas de investigación tuvieran relación con

temáticas en eficiencia energética bajo la categoría A1, A, B, o C¹. Finalmente se envió invitación a once (11) universidades seleccionadas con el fin de recibir una propuesta para el establecimiento, formalización y desarrollo de un centro PEVI. Como resultado del proceso, se seleccionaron las siguientes universidades para establecer los centros PEVI: Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma de Occidente y Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Durante los 21 meses de ejecución de la fase III del Programa PEVI se realizaron auditorías energéticas a treinta (30) industrias de diferentes sectores (clínicas y hospitales, productos e insumos alimenticios, textiles y transformación de materias primas) pertenecientes a los corredores industriales de los municipios de Barranquilla, Cali, Bucaramanga, Barrancabermeja.



¹ Bajo el modelo de medición de grupos de investigación establecido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

4. Metodología de intervención PEVI

4.1. Participantes en el Programa de Evaluación Industrial

Uno de los objetivos para desarrollar el programa PEVI fue aprovechar la riqueza de saberes de diferentes actores en temáticas relacionadas con eficiencia energética, para realizar una vinculación triangular entre el entorno productivo (la Empresa), con el del conocimiento (la Academia) y el normativo y regulatorio (el Estado), a fin de propender por un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos y con ello contribuir a un mayor desarrollo sostenible de la pequeña y mediana industria. De esta forma, se identificó que haciendo uso del conocimiento, la infraestructura y el talento humano de las universidades, las capacidades técnicas y de empoderamiento de los gremios o los esquemas asociativos que agrupan industrias de los sectores económicos, y la estructura gubernamental de las autoridades competentes del sector energético, se podía trabajar articuladamente en la determinación de beneficios para promover oportunidades de eficiencia energética en el sector industrial gracias a la realización de auditorías energéticas y la realización de capacitaciones temáticas de corta duración en sistemas de gestión de la energía.

Como estrategias dinamizadoras del modelo Universidad-Empresa-Estado se pueden utilizar las estructuras físicas y de conocimiento con que cuentan los tres entes mencionados haciendo énfasis en el diseño, desarrollo y puesta en práctica de modelos asociativos de colaboración por sector económico, industria y/o empresa, que empoderen a todos y cada uno de las partes participantes con competencias y herramientas orientadas a la generación de valor. Los equipos que pueden movilizar las universidades, las empresas y el Estado son realmente valiosos y generadores de un gran impacto, visto bajo su capacidad productora de valor, pero requieren de trabajo coordinado, sincronizado y colaborativo para el logro de los objetivos fijados

En la ejecución del programa cada una de las instituciones mencionadas y sus equipos, tienen un rol según sus competencias y fortalezas:

- **Universidad:** Su rol principal consiste en diseminar conocimiento que pueda ser transmitido a las economías del sector productivo (modelo de extensión) y proveer valor agregado a la implementación de la metodología PEVI, a través de las unidades de trabajo que se implementan al interior de las universidades (centros PEVI). El modelo planteado contribuye al cumplimiento de este objetivo mediante la atención de las necesidades técnicas de las empresas a través del servicio de asesoría y difusión de conocimiento prestado por la academia. También genera un ambiente para la formación de estudiantes que antes de salir graduados de la Universidad han obtenido experiencia laboral con la industria y pueden así acceder a alternativas relacionadas con la industria en el mercado laboral o el emprendimiento.
- **Empresa:** Su principal rol consiste en apropiar conocimientos y adoptar medidas de eficiencia ener-

gética para aumentar su competitividad y reducir sus costos de energía. Para esto, la empresa debe estar abierta a recibir insumos de sensibilización, formación y uso de instrumentos relacionados con la implementación de Sistemas de Gestión Energética, y dispuesta a la toma de decisiones y la ejecución de acciones que conduzcan al mejoramiento de sus procesos, productos y servicios

- **Estado:** El Estado debe crear, mantener y mejorar las condiciones generales para un adecuado desarrollo social, económico y empresarial, fuente de trabajo, riqueza y de mejoramiento de
- Calidad de vida.

La estrategia de trabajo tripartida ayuda a no solo a crear espacios de formación, capacitación y dialogo entre las partes, sino además otros como ruedas de negocios, inversión, crédito, innovación, etc., espacios en los cuales se alienta a que actores de la Universidad y de diferentes sectores de la industria se pongan en contacto generando diálogo y reflexión sobre temas de actualidad en eficiencia energética, necesidades y posibles proyectos, que siendo de su común interés puedan desarrollarse y ejecutarse conjuntamente ya sea de manera colaborativa o contratada. Además se genera un clúster de trabajo con proveedores de tecnología, banca y otros actores interesados en crear mercado y cultura de eficiencia energética en la industria.

El reto de esta colaboración triangular a seguir es priorizar y apoyar a sectores de la pequeña y mediana empresa con alto impacto regional y alto potencial de ahorro energético, y nuevas universidades que estén dispuestas a establecer centros PEVI sirviendo de ancla y continuidad del programa, y que pueda ayudar a aglutinar alrededor de sí misma a la cadena de valor empresarial constituida por empresas proveedoras de servicios, productos, e insumos.

4.2. Modelo de organización de un centro de evaluación industrial (centro PEVI)

Cada centro PEVI está asociado a una universidad con un programa académico en ingeniería debidamente registrado ante el Ministerio de Educación Nacional. Además, el conocimiento del equipo de trabajo que hace parte del centro PEVI esta fortalecido por su afiliación a un grupo de investigación reconocido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con énfasis en temáticas afines a eficiencia energética.

Los centros PEVI cuentan con un equipo de profesores o instructores con formación específica y experiencia en el campo de la eficiencia energética, profesionales graduados en ingeniería con conocimientos en eficiencia energética y el uso de equipos de hardware y software para medición y control, y estudiantes en formación de ingeniería que apoyan el desarrollo de las actividades en campo y la elaboración de informes.

4.2.1. Perfiles

El centro PEVI cuenta como mínimo con los siguientes perfiles:

Director del Centro: profesor o investigador de planta de la universidad con formación como ingeniero o profesión afín con conocimientos y experiencia en la formación de capacidades para la implementación de sistemas de gestión de la energía, experiencia en el manejo de equipos de trabajo y ejecución de proyectos de extensión o investigación.

Líderes temáticos (térmico y eléctrico): Profesores asistentes vinculados a la universidad con formación como ingenieros o profesiones afines y experiencia en el desarrollo de auditorías energéticas, diagnósticos y recomendaciones de eficiencia energética. Deseable que cuenten con conocimientos / experiencia en la implementación o auditoría de sistemas de gestión de la energía en la industria.

Estudiantes del Centro: estudiantes de pregrado o posgrado en ingeniería vinculados a la universidad que cuenten con formación en eficiencia y gestión energética, disposición para recibir capacitación en seguridad industrial y manejo de equipos/software para medición/análisis, y que se caractericen por su alto nivel de responsabilidad, capacidad analítica e interés en el sector industrial o empresarial.

Coordinador Administrativo: profesional o estudiante con capacidades administrativas y habilidades de comunicación para coordinar reuniones, facilitar la organización de eventos, gestionar compras o contratos, manejar registros y documentación, generar balances financieros básicos y consolidar informes.

Estos estudiantes de pregrado y posgrado se entrenan continuamente en la identificación y análisis del uso eficiente de recursos energéticos en los procesos propios de las industrias, así como en el uso técnicas de medición y elaboración de informes.

El modelo típico de organización de un centro PEVI es como se muestra a continuación:



Figura 1: Organización equipo de trabajo centro PEVI

4.3. Modelo de operación de un centro de evaluación industrial

4.3.1. Instalaciones y recursos

Los centros PEVI están ubicados en espacios físicos dentro los campus universitarios que permiten a mu-

chos estudiantes trabajar cómodamente. Los estudiantes deben mantener presencia en la oficina del centro PEVI y los directores también mantienen una presencia regular. Estos espacios físicos están equipados con teléfonos, equipos de análisis y diagnóstico de energía, escáneres y computadores para la comunicación electrónica a través de Internet.

Actualmente los centros PEVI establecidos cuentan con la posibilidad de hacer uso colaborativo de espacios destinados por las universidades a las actividades investigación. En total suman más de quince (15) laboratorios, administrados por las facultades de ingeniería, que están en constante actualización tecnológica y de recursos para facilitar la labor investigativa. Entre ellos se cuenta con laboratorios de: Gestión eficiente de la energía, simulación y control, motores, energías renovables, termodinámica, térmicas y fluidos, oleohidráulica, neumática, circuitos y electrónica, ingeniería eléctrica, eficiencia energética para motores eléctricos, simulación de energías renovables y de microrredes eléctricas inteligentes, y automatización.

Además de la amplia variedad de laboratorios de investigación y práctica, los centros PEVI se han provisionado con equipos de medición para consumos de energía, así como de bases de datos aplicables a los parámetros de monitoreo en todas las aplicaciones industriales intensivas en energía. Entre los equipos

EQUIPO	ÁREA DE APLICACIÓN
Análisis de combustión	Hornos/Calderas
Pistolas ultrasónicas	Fugas de aire
Termómetros / Anemómetros	Temperatura y velocidad del aire
Analizador de potencia	Analizador de potencia
Amperímetros	Análisis de potencia
Medidores de luz	Iluminación
Iluminación digital	Iluminación
Equipos para registro de presión de aire	Aire comprimido
Calibradores digitales de presión	Aire comprimido
Transductores de presión	Aire comprimido
Sensores de temperatura	Análisis de temperaturas
Detector de fugas de vacío	Detección de fugas
Equipos de intensidad de luz	Iluminación
Transductores de corriente	Análisis de potencia
Termómetros digitales	Análisis de temperatura aire/liquido
Cámaras	Fotografía
Pistolas infrarrojas	Hornos/Calderas
Cámara térmica	Superficies calientes

Tabla 1: Equipos de medición disponibles en los centros PEVI

para realizar una auditoría en procesos industriales se cuenta con:

Los instrumentos, equipo y computadoras están sujetos a mantenimiento y calibración regular y también son reparados o reemplazados tan pronto como sea posible para no interrumpir la calidad del trabajo que se realiza.

Durante el proceso de evaluación e identificación de las oportunidades de mejora del desempeño a nivel de industria y de usos significativos de energía, se utilizaron software especializado para diagnóstico de intercambiadores de calor, evaluación de compresores de aire, evaluación de sistemas de producción en frío, sistemas de generación y uso del vapor, modelos de proyección estadísticas, entre otros. Algunos de ellos fueron:

- Process Heating Assessment and Survey Tool
- Compressed Air Scoping Tool
- CWSAT Chilled Water Assessment Tool
- SSST
- SSAT
- Aspen-Plus
- Aspen-Hysys
- Thermoflow
- Chemkin-Pro
- Simapro
- COMSOL Multiphysics
- Matlab
- PV-Syst
- Engineering Equation Solver
- Bases de datos de propiedades termodinámicas y de transporte - NIST.

Para el desarrollo de las actividades en campo por parte de los estudiantes y profesores se entregó dotación de elementos de protección personal acorde a los protocolos de seguridad industrial y bioseguridad. Esta dotación estará compuesta por:

- Gafas de seguridad
- Tapabocas
- Kit de desinfección
- Guantes de protección
- Casco de Seguridad
- Camisa Manga Larga Tipo Industrial
- Botas con puntera reforzada dieléctrica



4.4. Metodología de trabajo de un centro de evaluación industrial

El desarrollo de la metodología del centro PEVI está basada en aprender haciendo “learning by doing”². Esta es una metodología de estudio contemporáneo y alternativo que centra el aprendizaje en cada estu-

² Rodríguez García, A.B., & Ramírez López L.J., (2014). Aprender haciendo-Investigación reflexionando: Caso de estudio paralelo en Colombia y Chile”. Revista Academia y Virtualidad, 7, (2), 53-63

diante y su interacción con el objeto de estudio, e incentiva el trabajo creativo y autónomo y la sensibilidad para solucionar problemas.

De forma general dos grandes componentes se tienen en cuenta en el diseño de las actividades adelantadas por un centro PEVI:

1. **Capacitación:** Este componente tiene como fin preparar al personal del centro PEVI, así como los profesionales de las industrias intervenidas sobre las tareas y el alcance del trabajo a realizar en cada visita de campo de tal forma que se desarrolle y controle el estado de cumplimiento de las etapas que se describen más adelante. Cada industria asigna al menos un profesional que asista a todos los seminarios de capacitación y apoye el cumplimiento de las etapas. Los contenidos de cada seminario taller están enmarcados bajo la arquitectura contemplada en la norma ISO 50001 sobre sistemas de gestión de la energía.
2. **Auditoría energética:** Se realiza durante el trabajo de campo en cada industria y sirve como apoyo a la revisión energética, medición y análisis, descritos en la Norma ISO 50001. Las auditorías energéticas se planifican y realizan como parte de la identificación y priorización de las oportunidades de mejora del desempeño energético y obtención de sus beneficios relacionados. Los resultados de la auditoría incluyen información sobre el consumo, usos significativos de la energía y proporcionan recomendaciones priorizadas para la mejora en términos de indicadores de desempeño energético y beneficios financieros. El nivel de las auditorías toma como referencia la norma ISO 50002³ según se muestra en la figura 2.

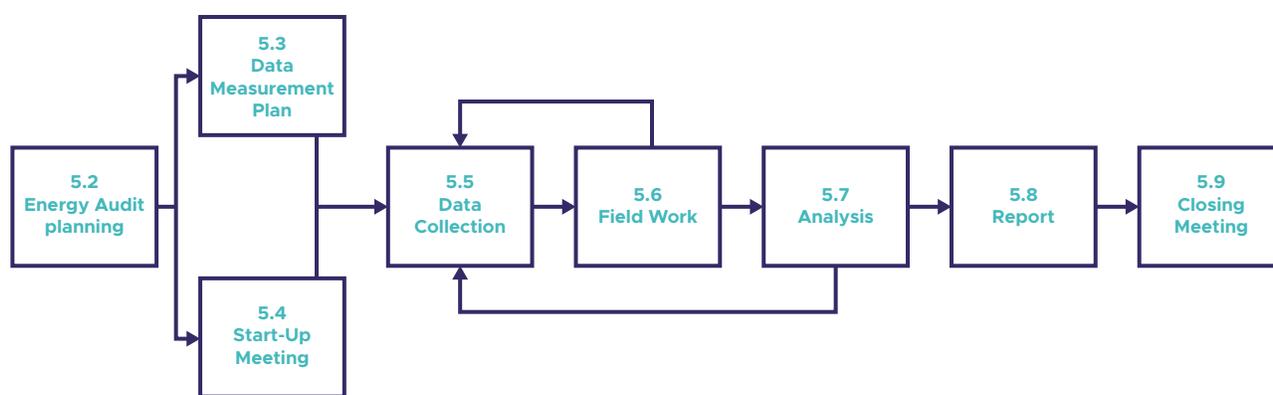


Figura 2: Patrón de ejecución de auditoría ISO 50002

Teniendo en cuenta los componentes referidos, la metodología que un centro PEVI instalado en una universidad sigue como base para el desarrollo de las actividades considera 5 etapas:

³ <https://www.sueenergyconsulting.com/art%C3%ADculos/company/energy-audits-en-16247-1/>

1. Gestión del centro e involucramiento de las industrias participantes.
2. Reunión de inicio, recopilación de información y visita de prediagnóstico.
3. Análisis de información existente y desarrollo de instrumentos de gestión.
4. Ejecución del plan de medición y diagnóstico, y análisis de oportunidades.
5. Preparación de informe en borrador, retroalimentación y cierre de informe.

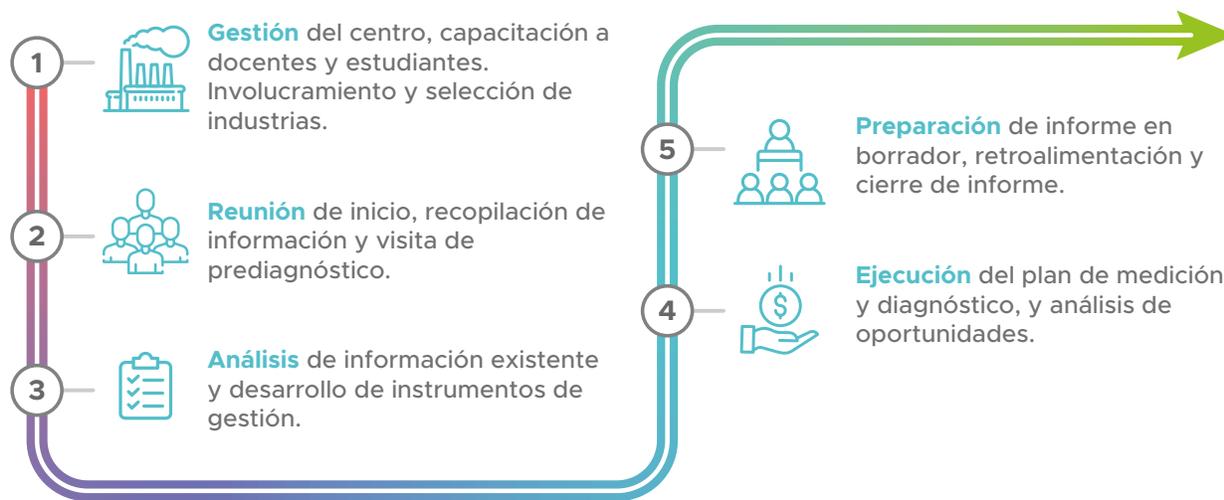


Figura 3: Metodología de trabajo centros PEVI

4.4.1. Gestión centro PEVI y selección de industrias participantes

Esta etapa corresponde a una fase de alistamiento en la cual se realizan actividades de reentrenamiento para y por parte del equipo de profesores a los estudiantes que participan en el centro PEVI. Este entrenamiento está orientado a la definición del cronograma de actividades a realizar y se propone el refuerzo de las competencias adquiridas para el desarrollo de las actividades de auditoría energética lo cual permite, además el unificar criterios, métodos y procedimientos, hablar un lenguaje común entre el equipo de trabajo. Se habla de un reentrenamiento ya que los profesores cuentan con la suficiente formación académica de base en el área de conocimiento de eficiencia energética. Así mismo, los estudiantes provenientes de los programas de Ingenierías cuentan con las competencias de formación en áreas temáticas orientadas a la eficiencia energética así como la identificación su evaluación técnico-económica.

En forma paralela se trabaja en la promoción y convocatoria a diferentes industrias de la zona de influencia del centro PEVI para hacer parte del programa PEVI. Luego de un proceso de apertura de invitaciones, se establecen los criterios que se tendrán en cuenta para la selección de las industrias (ubicación, consumos energéticos, compromiso, entre otros).

De forma general se desarrollan las siguientes actividades:

- Definir la selección y conformación del equipo de trabajo (profesores y estudiantes) así como el alistamiento de la infraestructura física e informática para operar el programa.
- Establecer el plan de trabajo. Se determinan las actividades detalladas asignados roles y responsabilidades, así como los plazos de entrega.
- Desarrollar actividades de capacitación al equipo de trabajo sobre seguridad en el trabajo (a nivel industrial) y la administración de los riesgos más comunes que se pueden enfrentar durante las visitas a industrias.
- Capacitar al personal de trabajo en el uso de herramientas y equipos a ser utilizadas en el desarrollo de sus labores.
- Identificar, convocar, seleccionar y vincular a las industrias que serán intervenidas.
- Llevar registros de los resultados e indicadores de gestión del centro PEVI.

4.4.2. Inicio, recopilación de información y prediagnóstico

Tiene como principal objetivo la ratificación de la intención de la Gerencia y el equipo de trabajo de la empresa atendida para hacer parte del desarrollo de la estrategia PEVI. Lo anterior implica el cumplimiento de la organización con los compromisos que ello implica: tiempo atención para atender las visitas a campo del equipo PEVI, asistencia a jornadas de capacitación y entrega oportuna de información que permita desarrollar el proceso de revisión energética en cada visita. Así mismo se desarrolla una primera jornada de sensibilización donde se explica el concepto y alcance del centro PEVI, los compromisos de las partes y las actividades a desarrollar, además de un primer recorrido por la planta, donde se toma nota de las características de producción de la empresa y reconocen aspectos como flujos de materiales, flujos energéticos, áreas de producción y equipos. Como resultado de esta visita, se genera el compromiso con el equipo de trabajo de la empresa, de aportar información histórica pertinente a consumo y producción, variables medidas actualmente en la planta, valores de placa de equipos y demás información que permita desarrollar el proceso de revisión energética después de la siguiente visita.

De forma general se desarrollan las siguientes actividades:

- Realizar reunión de inicio con la participación de la alta gerencia con el fin de sensibilizar las actividades, objetivo y alcance, responsabilidades y obligaciones.
- Se solicita información preliminar sobre consumos de energéticos y su costo, diagramas de procesos industriales, planos de instalaciones, diagramas de procesos, número de empleados, turnos de trabajo, estructura organizacional, productos, insumos, modos de operación y estrategias de man-

tenimiento, y en general toda aquella la información necesaria o relevante para el desarrollo de la evaluación industrial.

- Análisis preliminar en oficina de información recibida y preparación de visitas para diagnóstico energético
- Realizar visita de prediagnóstico energético y complementación de información requerida para determinar alcance de la etapa 3.
- Realizar el primer seminario de capacitación a los profesionales designados por la empresa.

4.4.3. Análisis de información y desarrollo instrumentos de control

Durante esta etapa se realiza un recorrido más exhaustivo por la planta, a fin de recabar toda la información posible que permita el desarrollo de flujogramas del proceso productivo, balances energéticos, identificación de usos significativos de energía, identificación variables control, líneas base y meta, de manera tal que se pueda generar un primer informe de avance que principalmente muestre la revisión energética, donde además de lo anterior, se establezcan indicadores de desempeño energético – IDEs y se realice un análisis de las brechas para una posible propuesta de implementación de la Norma NTC-ISO 50001. A partir de esta segunda visita, se obtiene una primera aproximación a las oportunidades de mejora - OPM y se establece el plan de medición (especialmente puntos de medición, variables a medir y equipos de medición requeridos) que permitan una mejor determinación de las OPM y su posterior análisis y evaluación del potencial de ahorro

La visita a la planta es un paso importante hacia la identificación de medidas de eficiencia energética. La interacción con el personal de la planta durante el recorrido a menudo revela interesantes características operativas de los equipos de consumo de energía y del proceso propio de cada industria. También facilita la discusión de cualquier medida de eficiencia energética que se haya intentado en el pasado en las instalaciones de la empresa. Este debate también permite aclarar cualquier detalle faltante en términos de los equipos o sistemas del proceso, tecnologías adoptadas para operar equipos que consumen energía, y las metodologías específicas que se utilizan para vincular el equipo de proceso con otro equipo que consume energía.

Al final del recorrido de la planta, debido a la interacción y la observación de los equipos de proceso industrial y otros equipos que consumen energía, comienzan a emerger claramente las principales áreas de enfoque para la medición y análisis de datos.

De forma general se desarrollan las siguientes actividades:

- Realizar el segundo seminario de capacitación a los profesionales designados por la empresa.

- Realizar visitas para el levantamiento de información faltante o pendiente de acuerdo con lo recibido en la etapa 2.
- Elaborar flujograma energético de procesos de consumos energético.
- Realizar balance energético.
- Identificar los usos significativos de energía (USEs)
- Identificar variables de control del desempeño energético.
- Desarrollar línea base y línea meta.
- Proponer indicadores de desempeño energético (IDEs).
- Diligenciar cuestionario de análisis de brechas con respecto al cumplimiento de la norma ISO 50001.
- Preparar plan de medición y diagnóstico a realizar. Alistamiento de equipos de medición.

4.4.4. Ejecución diagnóstico y análisis

Esta etapa tiene una destinación más específica en su recorrido por la planta ya que se orienta directamente a la medición de variables que afecten el desempeño de los usos significativos de energía establecidos previamente, y a la recopilación de información específica que permita proponer oportunidades o recomendaciones de mejora que serán evaluadas tanto energética como financieramente. Como resultado de esta visita se tiene, además de las OPM, la estimación del potencial de ahorro, la formulación de recomendaciones para aprovechamiento de las OPM, la valoración tanto de los potenciales ahorros identificados como de la implementación de las recomendaciones producidas y su priorización en términos de su costo-efectividad.

El proceso de medición de datos es crítico ya que el control efectivo no puede lograrse sin una medición efectiva. El registro de datos para el consumo de energía eléctrica como presión de aire comprimido, velocidades del motor, temperatura y caudales, son algunos ejemplos del esfuerzo que se llevará a cabo para evaluar con precisión el patrón de consumo de energía de la planta. Los datos recogidos serán sometidos a un análisis preliminar y validación en el sitio para discutir cualquier anomalía potencial que pueda ser mejor explicada sólo por el personal de la empresa.

De forma general se desarrollan las siguientes actividades:

- Desarrollar tercer seminario de sensibilización a los profesionales designados por la empresa.
- Ejecutar el plan de medición y diagnóstico.
- Identificar oportunidades de mejora (OPM) por tipo: gestión operacional y mejora tecnológica.

- Calcular potenciales de ahorro asociados a cada oportunidad identificada.
- Formular recomendaciones para aprovechamiento de las oportunidades de mejora
- Realizar una valoración económica de referencia sobre los potenciales ahorros identificados como la implementación de las recomendaciones producidas.

4.4.5. Informe de auditoría, retroalimentación y cierre

Está dedicada principalmente a la presentación de resultados ante la gerencia de la empresa y partes interesadas, buscando en todo momento la continuidad en el proceso desarrollado, ya como una práctica de mejora continua hacia la implementación de un Sistema de Gestión Energética – SGEN basado en la Norma NTC-ISO 50001. La retroalimentación surgida de esta visita, permitirá además establecer lecciones aprendidas y aspectos por mejorar, para futuras asesorías llevadas a cabo por el Centro PEVI.

De forma general se desarrollan las siguientes actividades:

- Desarrollar cuarto seminario de sensibilización a los profesionales designados por la empresa.
- Consolidar borrador del informe de auditoría y resultados.
- Socializar con la empresa el borrador del informe de auditoría, resaltando el diagnóstico energético realizado y las recomendaciones identificadas para mejorar el desempeño energético.
- Involucrar a la empresa en el mejoramiento de la valoración económica de la implementación de recomendaciones.
- Priorizar recomendaciones.
- Hacer ajustes al borrador del informe de auditoría.
- Cerrar y hacer entrega formal del informe de auditoría final la empresa

Como se observa, la ejecución de las etapas 2 a 5 (4.4.2 a 4.4.5), involucra la realización de varios seminario de capacitación al que asiste el o los representantes de la industria participante. En cada uno de ellos se explican y contextualizan las actividades y objetivos propios de la etapa de trabajo a ser abordada, junto con su utilidad en el marco de la implementación de un sistema de gestión de la energía. Las temáticas abordadas en los seminarios consideran los siguientes aspectos:

- a. Introducción general, explicación del programa, compromisos de las partes, requerimientos de información, cronograma de trabajo, responsables de las partes, contactos, acta de inicio.
- b. Información a solicitar en las empresas, formatos de la información solicitada, vías de obtención de la información, procesamiento de la información solicitada, preparación del diagnóstico energético a los USE.

- c. Auditoría energética a los USE, identificación y validación de las oportunidades de mejora del desempeño energético (OPM), evaluación económica de las OPM, control operacional del desempeño energético a nivel de USE y de industria, análisis de brechas con respecto a la norma ISO 50001.
- d. Informe final de la evaluación. Entregables de valor a la empresa. Presentación y validación del informe en la empresa.
- e. Presentación y discusión de informe final a la alta dirección. Taller de intercambio de experiencias de resultados.

4.4.5.1. De la auditoría energética y su informe

La realización de las auditorías energéticas por parte de los centros PEVI proporciona a las industrias oportunidades para reducir los costos asociados a consumos de energía. También permiten obtener resultados por minimizar desperdicios y la mejorar la productividad de sus procesos, estos últimos con un impacto igual en ahorro energético.

El centro PEVI proporciona a este tipo de industrias un informe completo que incluye todas las recomendaciones de la auditoría, los ahorros estimados y los costos asociados, así como los cálculos detallados y el período de recuperación de las inversiones asociadas.



La visita del equipo del centro PEVI realiza la auditoría energética para diferentes instalaciones de la planta industrial y puede concentrarse en áreas de alto impacto con respecto a sistemas de consumo energía o dedicar el esfuerzo enteramente a sistemas energéticos específicos. La decisión sobre este respecto suele basarse en la intensidad energética asociada con sistemas energéticos específicos de la industria. Por ejemplo, si el sistema de vapor en una planta consume más del 80% de la energía entonces se convierte en un buen candidato para la auditoría energética basada en el sistema.

La visita al sitio y la auditoría energética se proporcionan sin costo para la industria. Esta asistencia se proporciona a través de la identificación efectiva de medidas de eficiencia energética que tienen un impacto significativo en los ahorros de energía para la empresa, ahorro en costos y recuperación de la inver-

sión en servicios de energía eléctrica y energía térmica (combustibles líquidos, carbón, gas natural, principalmente).

Las recomendaciones de la auditoría desarrolladas para la industria, utilizando un proceso de registro de datos, monitoreo, referencia a las mejores prácticas conocidas, interacción con el personal de la empresa, y sólidos principios de ingeniería, tendrán un fuerte potencial para su implementación.

La experiencia recogida por los centros PEVI sin duda ayuda en la generación de medidas prácticas de eficiencia energética orientadas a la aplicación, que son económicamente atractivas para el sector de la pequeña y mediana empresa. Por ello y para alcanzar el éxito de la auditoría, los miembros de los centros PEVI necesitan tener un conocimiento profundo relacionado con el funcionamiento de los principales equipos que consumen energía, como el compresor de aire, sistemas termodinámicos y las unidades de HVAC, entre otros.

Los resultados de todo el proceso de auditoría energética, las visitas y las mediciones realizadas en la industria se plasman en el informe final de auditoría. Dicho informe consta de:

1. Datos y otra información derivada de registros y mediciones realizados durante la auditoría.
2. Las recomendaciones específicas junto con los supuestos utilizados y los cálculos realizados.
3. Evaluación financiera de las recomendaciones propuestas.

El informe incluye una descripción detallada de todas las operaciones de la industria, un esquema y descripción de la planta, una lista de equipos principales y un análisis de cómo se utiliza la energía en el sistema de producción. Cada una de las recomendaciones de uso de la energía, desperdicios y productividad incluye estimaciones de consumos de energía, costos ahorrados, costos de implementación y períodos de recuperación. Este informe y todos los datos que se han recogido se mantienen confidenciales. Toda la información de la empresa está estrictamente protegida.

De forma general, el informe final contiene lo siguiente:

- Resumen ejecutivo de los ahorros de energía, ahorro de costos, costos de implementación, y retorno de la inversión.
- Clasificación de las recomendaciones por tipo de medida: gestión operacional o mejora tecnológica. Así mismo, se muestra una priorización en términos de retorno de la inversión para una fácil revisión por parte de la administración (evaluación en baja/nula, media y alta)
- El resumen de facturación de energía eléctrica y energía térmica que muestra las tarifas que se utilizarán en los cálculos de ahorro.

- Las recomendaciones de la auditoria, cada una detallando el resumen de ahorro de energía, junto con la descripción de la recomendación, las fórmulas técnicas utilizadas en los cálculos, las supuestos, si aplica, y los aspectos de implementación. El resultado final en términos de reembolso de la inversión se muestra para cada recomendación, junto con el ahorro anual de costos y las emisiones de CO2 evitadas.
- Imágenes digitales del equipo y áreas específicas para ilustrar la naturaleza de recomendaciones de ahorro energético, sujetas a la aprobación de las imágenes.
- El uso de las herramientas de software y las mejores practicas integradas en el desarrollo de las recomendaciones apropiadas. Esto allanará el camino para que el personal de la industria tenga el interés y la motivación para obtener capacitación en el uso de software y mejores prácticas, lo que es a favor del proceso de eficiencia energética continua en sus instalaciones.
- Análisis de brechas con respecto a una futura implementación y/o certificación de la norma ISO 5001.

5. Impacto de la implementación de los centros PEVI: Indicadores de impacto

A continuación se presentan como principales indicadores de impacto del Programa PEVI, los ahorros en consumos de energía proyectados y el equivalente en reducción de emisiones de GEI que se identificaron a través de la intervención de los centros PEVI en cada una de las industrias seleccionadas en la zona de influencia donde se encuentran ubicadas las universidades. También se presentan los resultados intermedios, como el número de industrias, las personas capacitadas y el número de visitas realizadas. Los resultados agregan el desarrollo de las fases I, II y III.

Esta información tiene como fuente principal los documentos producidos por cada una de los centros PEVI establecidos que participaron en el proceso. Con base en esta información se identificaron, validaron y agregaron, los datos de consumo, los usos significativos de energía, y las medidas propuestas, para alcanzar los potenciales de ahorro.

La metodología antes descrita y aplicada permitió identificar los usos significativos de energía, la formulación y análisis de líneas base, y las medidas asociadas a oportunidades reales de ahorro energético. Esto implica, para efectos de interpretar estadísticas de ahorro a lo largo del documento, que los consumos no en todos los casos corresponden a la totalidad de la planta o industria, a sus límites físicos e incluso puede limitarse a un energético definido como alcance del sistema por razones de consumo, impacto en la producción, o impacto en la estructura de costos.

Con estos insumos y el uso de los factores de emisión GEI para energía eléctrica del SIN, gas natural, carbón mineral, diésel y biomasa⁴, que se presentan en la Tabla 2, se estiman las emisiones de CO2 evitadas.

5.1. Centro PEVI Universidad del Atlántico - Uniatlántico

El centro PEVI Uniatlántico está conformado por seis (6) profesores titulados con formación doctoral en temas afines al campo de la energía. De este cuerpo de profesores tres (3) son mujeres. En cuanto al número de estudiantes, han participado un total de veintisiete (27) estudiantes: diecisiete (17) de ingeniería química e ingeniería mecánica, cinco (5) estudiantes de especialización y cinco (5) de maestría. El centro PEVI Uniatlántico ha contado con un 28% de participación de género.

Para la selección de las industrias, este centro PEVI contó con el apoyo de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) Seccional Atlántico & Magdalena, a través de la cual se realizaron las diferentes convocatorias a sus empresas afiliadas para definir participación en el programa.

⁴ Para estos energéticos los factores de emisión son los proporcionados de manera indicativa por la UPME y publicados en la Calculadora de Emisiones de la entidad, con base en el FECOC 2016

En el desarrollo de las actividades adelantadas por el centro PEVI Uniatlántico participaron en total veintiuna (21) personas en representación de diecinueve (19) industrias, con una participación del 47.6% de género femenino. En la Figura 4 se presentan un resumen el proceso.



Figura 4: Resumen conformación y proceso centro PEVI Uniatlántico

Con las actividades realizadas en las industrias intervenidas se identificaron consumos de tres energéticos principalmente: energía eléctrica, gas natural y carbón. El mayor porcentaje de consumo corresponde a gas natural con un 63,5%, seguido de la energía eléctrica con el 29,1%, y carbón con el 7,4%. Para dichos consumos, del orden de 1.919,65 TJ/año, se propusieron medidas de reducción cercanas a 225,37 TJ/año, derivadas de las medidas de eficiencia energética identificadas, que representa el 11,74% del consumo base. En total se establecieron 118 recomendaciones de mejora de las cuales el 72% corresponde a oportunidades de gestión operacional (p.ej. mantenimiento y ajustes a la planificación de producción o a condiciones de operación de equipos) de bajo o nulo nivel de inversión, que representaría un ahorro de 7.479,5 \$MMCOP/año.

La Figura 5 ilustra el potencial de ahorro por energético identificado en las industrias atendidas en la región.

La implementación de las recomendaciones realizadas permite identificar un potencial de reducción de 11.397,3 TonCO₂/año⁵. Estas reducciones provienen de disminuciones en consumos de gas natural (18,23%) y energía eléctrica (69,75%), principalmente.

Como valor agregado a las actividades del centro PEVI en producción e investigación académica, se pudo mencionar la elaboración de 4 tesis de grado en pregrado, 2 tesis de maestría y la edición de un libro texto sobre la experiencia de la Universidad del Atlántico como parte del Programa de Evaluación Industrial PEVI.

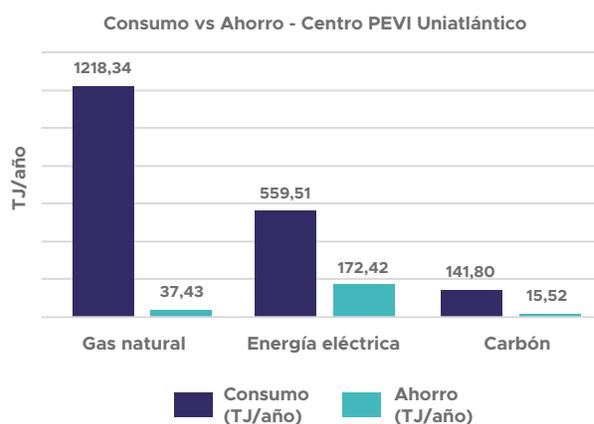


Figura 5: Consumo – Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI Uniatlántico

5 http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

En la Figura 7 se listan las empresas que participaron y culminaron el proceso de intervención con el centro PEVI Uniatlántico:

5.2. Centro PEVI Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB

El centro PEVI de la UNAB está conformado por seis (6) profesores de planta de la Universidad, dos (2) de ellos titulados con formación doctoral y cuatro (4) titulados con formación en maestría en temas afines al campo de la energía. En cuanto al número de estudiantes, han participado un total de veintidós (22) estudiantes del programa de ingeniería en energía. El centro PEVI de la UNAB ha contado con un 35.7% de participación de género.

Para la selección de las industrias, este centro PEVI realizó un acuerdo con la comercializadora de energía eléctrica Ruitoque S.A. E.S.P. para la ejecución de un Diplomado en Eficiencia y Gestión Energética con Certificación como Auditor Interno ISO 50001:2018, capacitación que se desarrolló sin costo alguno para las empresas ya que los costos del diplomado fueron en su totalidad asumidos por la comercializadora de energía como parte de su gestión y servicio a grandes clientes. De esta forma se logró una realizar la convocatoria de las industrias que participaron del programa PEVI de la UNAB.

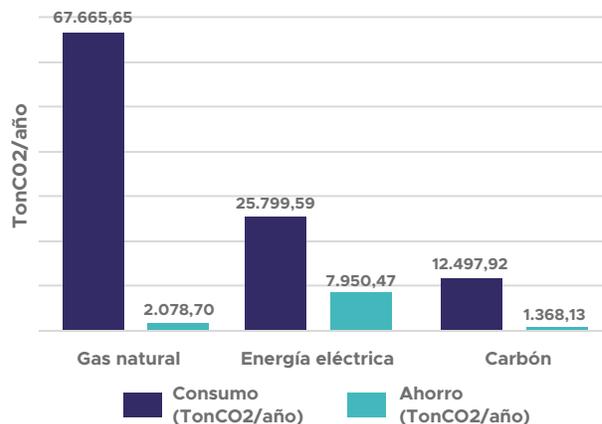


Figura 6: Emisiones evitadas centro PEVI Uniatlántico



Figura 7: Empresas Participantes

En el desarrollo de las actividades adelantadas por el centro PEVI de la UNAB participaron en total diecisiete (17) personas en representación de dieciséis (16) industrias. En la Figura 8 se presentan un resumen el proceso.

Con las actividades realizadas en las industrias intervenidas se identificaron consumos de cinco (5) energéticos principalmente: biomasa, carbón, energía eléctrica y gas natural. El mayor porcentaje de consumo corresponde a biomasa con un 69%, seguido del carbón con el 13,3%, energía eléctrica con el 12,4%, gas natural con el 3,1% y combustibles líquidos con el 2,2%. Para dichos consumos, del orden de 1.145 TJ/

año, se propusieron medidas de reducción cercanas a 42,4 TJ/año, derivadas de las medidas de eficiencia energética identificadas, que representa el 3,7 % del consumo base. En total se establecieron 138 recomendaciones de mejora de las cuales el 64% corresponde a oportunidades de gestión operacional (p.ej. mantenimiento y ajustes a la planificación de producción o a condiciones de operación de equipos) de bajo o nulo nivel de inversión, que representaría un ahorro de 1.230,28 \$MMCOP/año.

La Figura 9 ilustra el potencial de ahorro por energético identificado en las industrias atendidas en la región.

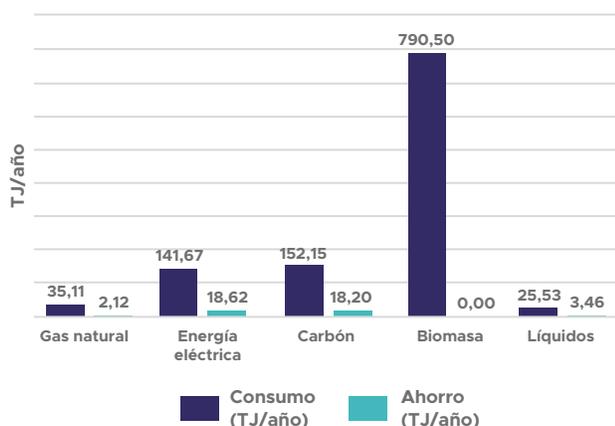


Figura 9: Consumo - Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI UNAB

La implementación de las recomendaciones realizadas permite identificar un potencial de reducción de 2.837 TonCO₂/año⁶. Estas reducciones provienen de disminuciones en consumos de carbón (57%) y energía eléctrica (30%), principalmente.

En la Figura 11 se listan las empresas que participaron y culminaron el proceso de intervención con el centro PEVI Uniatlántico:

⁶ http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html



Figura 8: Resumen conformación y proceso centro PEVI Uniatlántico

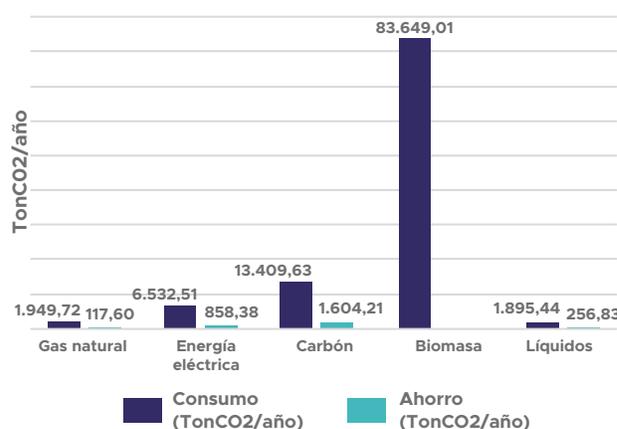


Figura 10: Consumo - Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI UNAB



Figura 11: Empresas Participantes

5.3. Centro PEVI Universidad Autónoma de Occidente - UAO

El centro PEVI de la UAO está conformado por nueve (9) profesores de planta de la Universidad, todos ellos titulados con formación doctoral en temas afines al campo de la energía. En cuanto al número de estudiantes, han participado un total de treinta y cinco (35) estudiantes, trece (13) de ellos de la especialización en eficiencia energética y doce (12) de los programas de ingeniería mecánica y eléctrica. El centro PEVI de la UAO ha contado con un 29,5% de participación de género.

Para la selección de las industrias, este centro PEVI realizó convocatorias a través de organizaciones gubernamentales y locales que agrupan industrias del corredor estratégico de la región del Valle del Cauca, como ACOPI, ANDI-Regional Valle y ACIEM, así como de la base de datos de profesionales egresados de los programas de pregrado y posgrado de la facultad de ingeniería. Entre los criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de las industrias se pueden mencionar: pertenecientes sector manufacturero, tamaño de la empresa, estar ubicadas en el departamento del Valle del Cauca, específicamente en la ciudad de Cali o cerca. Como último criterio, se evaluó en una escala del 1 al 10 el nivel de interés y compromiso con el proyecto por parte de cada industria potencial.

En el desarrollo de las actividades adelantadas por el centro PEVI de la UNAB participaron en total cuarenta (40) personas en representación de dieciséis (16) industrias. En la Figura 12 se presentan un resumen el proceso.



Figura 12: Resumen conformación y proceso centro PEVI UAO

Con las actividades realizadas en las industrias intervenidas se identificaron consumos de seis (6) energéticos principalmente: gas natural, energía eléctrica y carbón. El mayor porcentaje de consumo corresponde al gas natural con un 55,4%, seguido de la energía eléctrica con el 34,3%, y el carbón con el 5,4%. Para dichos consumos, del orden de 1.163 TJ/año, se propusieron medidas de reducción cercanas a 78,3 TJ/año, derivadas de las medidas de eficiencia energética identificadas, que representa el 6,73% del consumo base. En total se establecieron 123 recomendaciones de mejora de las cuales el 77% corresponde a oportunidades de gestión operacional (p.ej. mantenimiento y ajustes a la planificación de producción o a condiciones de operación de equipos) de bajo o nulo nivel de inversión, que representaría un ahorro de 3.250,9 \$MMCOP/año.

La Figura 13 ilustra el potencial de ahorro por energético identificado en las industrias atendidas en la región

La implementación de las recomendaciones realizadas permite identificar un potencial de reducción de 4.288,43 TonCO₂/año⁷. Estas reducciones provienen de disminuciones en consumos de gas natural (61%) y energía eléctrica (29%), principalmente.

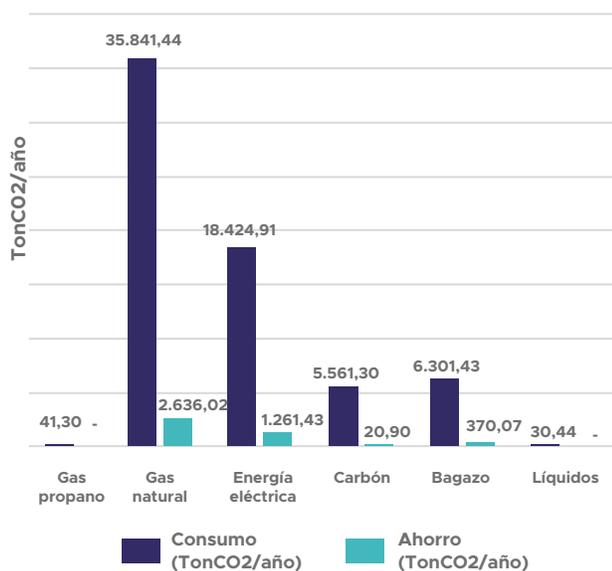


Figura 14: Emisiones evitadas centro PEVI UAO

5.4. Resultados agregados centros PEVI

El número de industrias que participaron del programa PEVI durante las tres fases asciende a cincuenta y un (51) industrias de dieciocho (18) sectores, entre los cuales se destaca el sector de alimentos (15), sustancias y productos químicos (8), caucho y plástico (4), farmacéutico (3), fabricación de papel y cartón (3), por nombrar algunos.

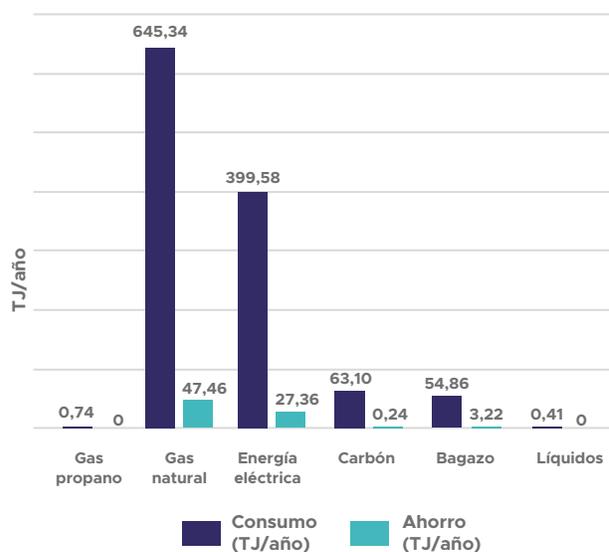


Figura 13: Consumo - Ahorro Industrias intervenidas centro PEVI UAO

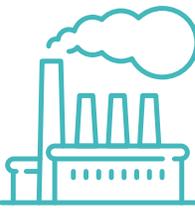
Como valor agregado a las actividades del centro PEVI en producción e investigación académica, se puede mencionar la elaboración de 6 tesis de grado en pregrado, 5 tesis de maestría, y 4 artículos publicados en revistas indexadas.

En la Figura 15 se listan las empresas que participaron y culminaron el proceso de intervención con el centro PEVI UAO:



Figura 15: Emisiones evitadas centro PEVI UAO

⁷ http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html



51

INDUSTRIAS INTERVENIDAS

18 sectores, entre los cuales se destacan:



- Preparación, hilatura, tejeduría y acabado de productos textiles (2)
- Fabricación de productos informáticos, electrónicos (1)
- Actividades de alojamiento (1)
- Elaboración de bebidas no alcohólicas (2)
- Fabricación de productos elaborados de metal (1)
- Otras industrias manufactureras (1)
- Farmacéutico (3)
- Impresión (1)
- Autopartes (1)
- Metalurgia (2)
- Hospitales y clínicas (2)
- Muebles (1)
- Prendas de vestir (1)
- Productos refractarios (2)

Figura 16: Gráfico de empresas por sector

Se cuenta igualmente con cifras de participación de mujeres en los diferentes eventos de sensibilización y capacitación, que evidencian una cuota importante del género por encima del 30%, cifra que resalta la participación de la mujer dentro de procesos que hasta hace poco eran exclusivos para hombres.

El resumen de los datos de participación por región, a lo largo de la ejecución del Programa se presenta en la Tabla 2.

La información recopilada a lo largo del desarrollo del programa PEVI permitió identificar los consumos y ahorros energéticos en cada centro PEVI regional y consolidar la información presentada a lo largo de este capítulo. En los tres centros PEVI establecidos, se identificó un consumo total de 4.228,63 TJ/año en instalaciones industriales, de los cuales el 44,9% corresponde a consumo de gas natural, seguidos por 26,03% en aplicaciones de energía eléctrica y 19,9% Biomasa.

CENTRO PEVI	UA	UNAB	UAO	TOTAL
Total empresas	19	16	16	51
Total profesores	6	6	9	21
Total estudiantes	27	22	35	84
Total participantes industria	21	17	40	78
Participación mujeres	31,5%	35,7%	30%	32%
Jornadas de capacitación	13	30	22	65
Visitas a campo	140	64	64	268

Tabla 2: Resumen ejecución centros PEVI

Con las medidas de ahorro propuestas se alcanzan ahorros anuales de 346,04TJ/año, 25,14% de los cuales corresponden a ahorros en consumos de gas natural, 63,11% a proyectos eléctricos y 9,81% a proyectos de reducción de uso de carbón. Los datos obtenidos se presentan en la Figura 17.

En cuanto al consumo de carbón, diésel y gas propano, los porcentajes incluidos dentro de los informes de caracterización son bajos, lo que puede obedecer a la existencia de algunas barreras en recolección de información, medición y control de procesos, que impide que se cuente con mejor información de estos energéticos. El porcentaje de carbón corresponde al 8,44%, diésel se ubican alrededor de 0,61% y el gas propano en 0,02%.

Al evaluar los aportes del programa PEVI al cumplimiento de las metas establecidas en el PAI-PROURE 2022-2030, para el sector industrial, se puede estimar un aporte de 3.114,36 TJ en un periodo de nueve años, con lo que se contribuiría en el 1,21% de la meta establecida.

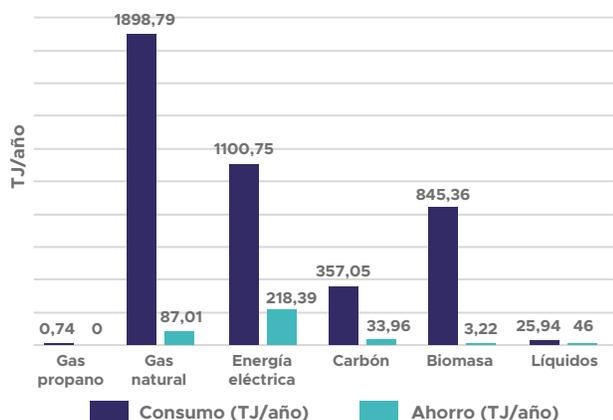


Figura 17: Consumos vs Ahorros (Agregados)

En término de emisiones, se observa que los consumos identificados representan 279.600,3 tCO₂ eq/año y a partir de las potenciales medidas de ahorro identificadas se logra una reducción anual de 18.522,2 tCO₂ /año, lo que corresponde al 6,62% de las emisiones producidas por los consumos base. El mayor porcentaje resulta de reducciones en el consumo de energía eléctrica (54,37%), seguido por

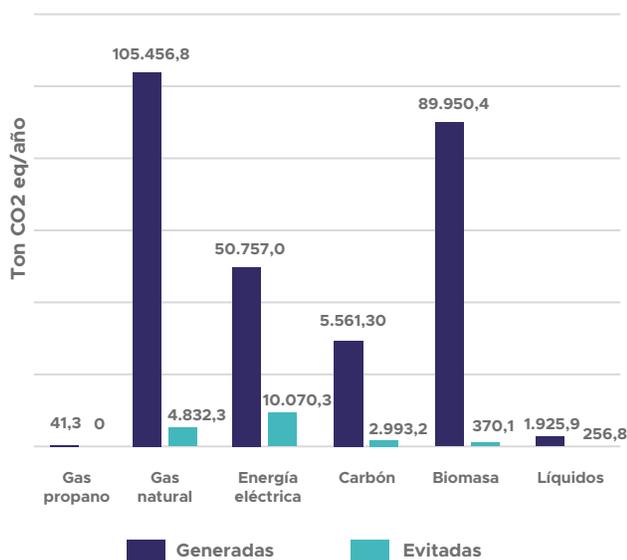


Figura 19: Emisiones generadas vs emisiones evitadas

En términos generales, la industria promedio atendida por el programa PEVI presentó un potencial de ahorro del 4,6% de su consumo de gas natural, del 19,8% de sus consumos de energía eléctrica, del 9,51% de sus consumos de carbón y del 13,34% del consumo de combustibles líquidos.

A continuación se puede comparar los potenciales de ahorro identificados por cada centro PEVI:

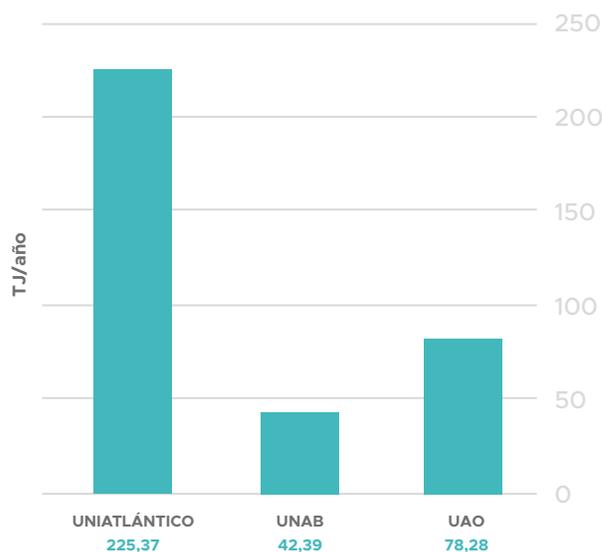


Figura 18: Ahorros identificados por centro PEVI

aplicaciones consumidoras de gas natural (26,09%) y carbón (16,16%). Otros aportes menores en usos finales de biomasa y combustibles liquidación suman 3,38% (ver Figura 19).

A continuación se puede comparar las emisiones evitadas identificados por cada centro PEVI:

En total se identificaron 379 recomendaciones o medidas para ahorro energético, de las cuales el 71% (268) corresponden a oportunidades de ges-

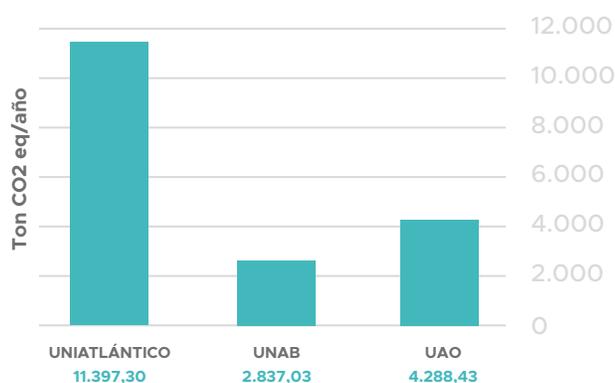


Figura 20: Emisiones generadas por centro PEVI

soluciones solares para suministro de energía. En la figura a continuación se relaciona el número de recomendaciones identificadas por tipo:

La implementación de las recomendaciones identificadas representaría un ahorro potencial de 11.960,98 \$MMCOP/año.

Dentro de las actividades de investigación académica, el trabajo desarrollado por los estudiantes y profesores de los centros PEVI han producido 10 tesis de grado en pregrado, 7 tesis de maestría, y 4 artículos publicados en revistas indexadas, y la edición de un libro texto sobre la experiencia de la Universidad del Atlántico como parte del Programa de Evaluación Industrial PEVI.

5.5. Resultados agregados PEVI Fase III

El número de industrias que participaron del programa PEVI durante la fase tres fue de treinta (30) industrias en once (11) sectores, entre los cuales se destaca el sector de alimentos (8), química y petroquímica (6), caucho y plástico (4), farmacéutico (3), fabricación de papel y cartón (2), por nombrar algunos.

Se cuenta igualmente con cifras de participación de mujeres en los diferentes eventos de sensibilización y capacitación, que evidencian una cuota importante del género por encima del 35%, cifra que resalta la participación de la mujer dentro de procesos que hasta hace poco eran exclusivos para hombres.

El resumen de los datos de participación por región, a lo largo de la ejecución de la fase III se presenta en la Tabla 3.

tión operativa con bajo o nulo costo, por ejemplo mejoramiento de ciclos de mantenimientos preventivos y predictivos, diseño de esquemas o sistemas de medición, estudios de fugas, control de parámetros y planificación de producción, revisión de tiempos fuera de operación, limpieza de equipos. El 29% (111) corresponden a medidas de cambio tecnológico identificadas por los centros PEVI, por ejemplo cambio de compresores, motores, sistemas de aire acondicionado e implementación de

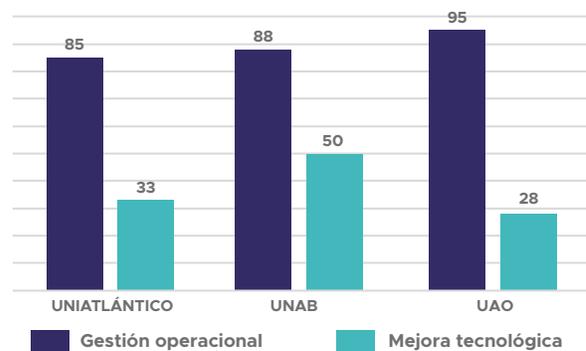


Figura 21: Número de recomendaciones identificadas por tipo

La información recopilada en la fase III de PEVI permitió identificar los consumos y ahorros energéticos en cada centro PEVI regional. En los tres centros PEVI establecidos, se identificó un consumo total de 1.977,37 TJ/año en instalaciones industriales, de los cuales el 45,91% corresponde a consumo de gas natural, seguidos por 31,57% en aplicaciones de energía eléctrica y 13,05% Biomasa.

CENTRO PEVI	UA	UNAB	UAO	TOTAL
Total empresas	10	10	10	30
Total profesores	6	6	9	21
Total estudiantes	16	10	27	53
Total participantes industria	11	10	21	42
Participación mujeres	44%	32%	30%	35%
Jornadas de capacitación	4	20	13	37
Visitas a campo	73	40	40	153

Tabla 3: Resumen ejecución centros PEVI Fase III

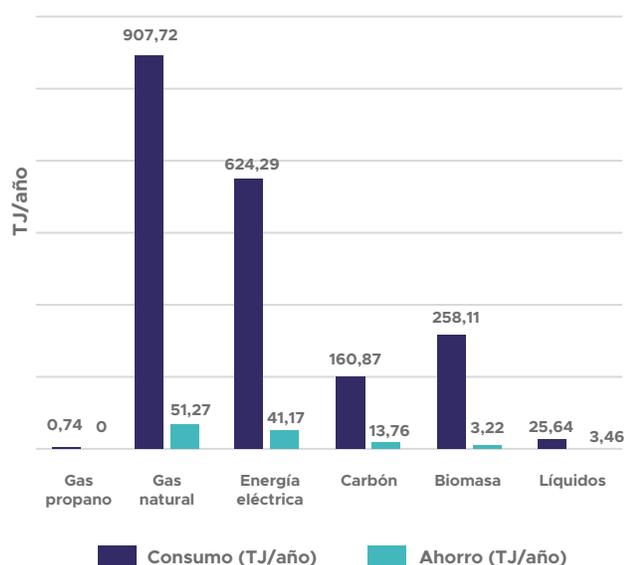


Figura 22: Consumos vs Ahorros (Agregados fase III)

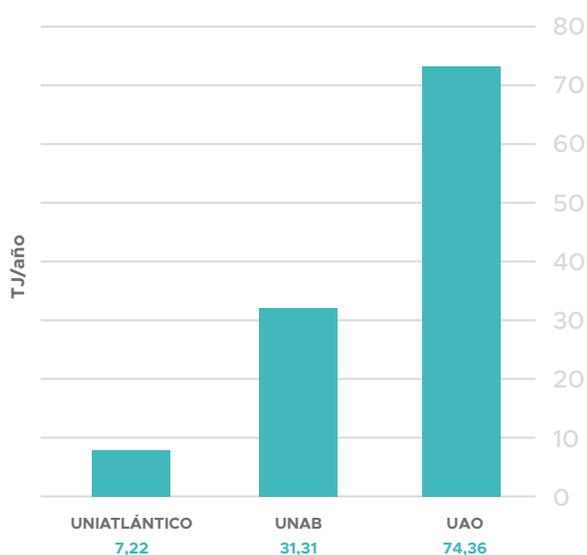


Figura 23: Ahorros identificados por centro PEVI Fase III

Con las medidas de ahorro propuestas se alcanzan ahorros anuales de 112,88 TJ/año, 45,42% de los cuales corresponden a ahorros en consumos de gas natural, 36,47% a proyectos eléctricos y 12,19% a proyectos de reducción de uso de carbón. Los datos obtenidos se presentan en la Figura 22.

En términos generales, la industria promedio atendida por el programa PEVI presentó un potencial de ahorro del 5,7% de su consumo de gas natural, del 6,6% de sus consumos de energía eléctrica, del 8,5% de sus consumos de carbón y del 13,49% del consumo de combustibles líquidos.

A continuación se puede comparar los potenciales de ahorro identificados por cada centro PEVI.

En término de emisiones, se observa que los consumos identificados representan 123.133 tCO₂ eq/año y a partir de las potenciales medidas de ahorro identificadas se logra una reducción anual de 6.585 tCO₂ /año, lo que corresponde al 5,35% de las emisiones producidas por los consumos base. El mayor porcentaje resulta de reducciones en el consumo de gas natural (43,24%), seguido por aplicaciones con consumo de energía eléctrica (28,82%) y carbón (18,41%). Otros aportes menores en usos finales de biomasa y combustibles liquidación suman 9,52% (ver Figura 24).

En total durante la fase III se identificaron 231 recomendaciones o medidas para ahorro energético, de las cuales el 69% (159) corresponden a oportunidades de gestión operativa con bajo o nulo costo. El 31% (72) corresponden a medidas de cambio tecnológico identificadas por los centros PEVI como se muestra en la figura a continuación:

5.6. Análisis de brechas ISO 50001

Como valor agregado del trabajo realizado por los centros PEVI, las industrias participantes recibieron un análisis de brechas respecto al posible proceso de implementación de la Norma ISO 5001. Como se sabe, esta Norma facilita el establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético de una organización, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía.

Si bien el resultado final del proceso de implementación de un sistema de gestión bajo los requisitos de la Norma ISO 50001 es su certificación, el objetivo perseguido por el análisis realizado por los centros PEVI es socializar en la industria sobre los beneficios de adoptar los principios de la metodología descrita en la Norma, entregando una referencia de los puntos en que se deberían trabajar y/o fortalecer para tener dentro de su organización una gestión sistemática de la energía.

La Norma se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la figura 26.

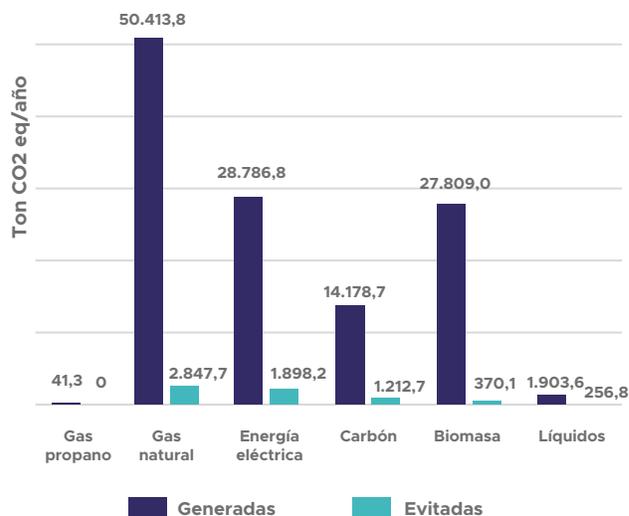


Figura 24: Emisiones generadas vs emisiones evitadas Fase III

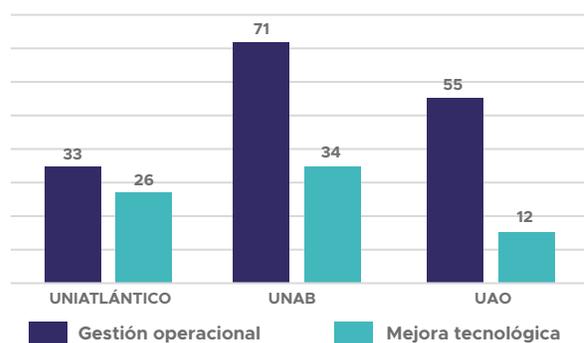


Figura 25: Número de recomendaciones identificadas por tipo fase III



El enfoque PHVA puede resumirse la manera siguiente:

- **Planificar:** Llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético, los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.

Este primer componente del ciclo es realizado como parte de la actividad que realiza un centro PEVI en la industria. Como se mencionó en la metodología, al final del proceso de intervención cada industria tiene un referente respecto a la línea base de los usos significativos de energía, formulación de indicadores de desempeño energético, metas de ahorro y recomendaciones para alcanzarlas.

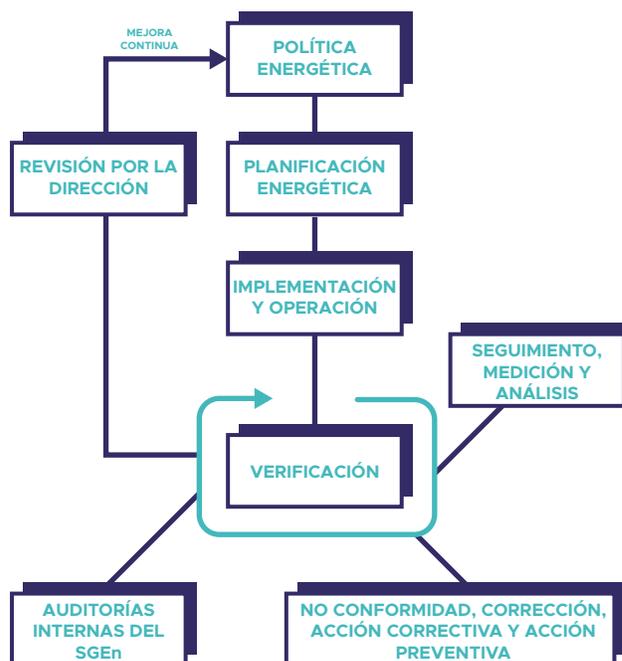


Figura 26: Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50001

- **Hacer:** Implementar las recomendaciones de gestión energética.
- **Verificar:** Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados.
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGEEn.

Como cualquier sistema de gestión, la implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección.

La metodología utilizada por los centros PEVI para el análisis de brechas consideró el cumplimiento de los siete requisitos de la Norma, sin ponderación alguna de acuerdo a su importancia o trabajo requerido para su conformidad: Contexto de la organización, Liderazgo del SGE, Planeación del Sistema de Gestión de la Energía, Elementos de apoyo del SGE, Operación del SGE, Evaluación del desempeño energético y del SGE y, Mejora continua del SGE y tratamiento de no conformidades. De acuerdo con lo anterior y como resultado del análisis de brecha realizado, cada industria recibió el % del cumplimiento de los requisitos establecidos en el estándar internacional de gestión, respecto al estado actual de la empresa.

En términos generales, de las 51 industrias participantes 3 de ellas se encuentra en un alto porcentaje de

cumplimiento, más del 75%, lo que quiere decir que han implementado la metodología recomendada en la norma y están muy cerca para proceder a la certificación, de hecho una (1) de las industrias intervenidas ya cuenta con certificación. Un alto porcentaje de las industrias, 85%, no sobrepasan un 50% en el cumplimiento de la Norma, por lo que se evidencia una oportunidad significativa para adoptar políticas y acciones que mejoren el desempeño energético.

Dentro de las temáticas que se ha sugerido trabajar, se mencionan los criterios que se establecen en la figura siguiente:

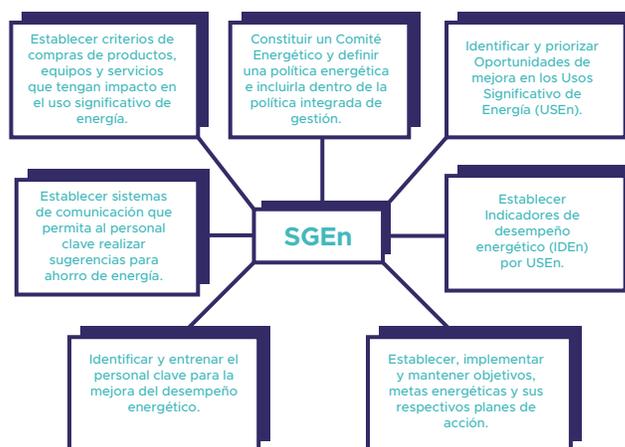


Figura 27: Criterios a trabajar análisis de brecha ISO 50001

6. Estrategia de sostenibilidad de los centros PEVI

6.1. Programa IAC del Departamento de Energía de los Estados Unidos y el Programa PEVI

El programa Industrial Assessment Center (IAC, por sus siglas en inglés) es una iniciativa del Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), lanzada en 1976, que busca mejorar la productividad y promover la eficiencia energética EE en pequeñas y medianas empresas. A su vez, contribuir a la formación de profesionales, a través de la realización de evaluaciones energéticas llevadas a cabo por Universidades con participación de estudiantes de ingeniería.



Dentro de las ventajas principales del Programa IAC, se pueden encontrar:

- La capacitación “en terreno” de futuros ingenieros enfocados a la eficiencia energética, que se encuentran expuestos a una amplia gama de industrias, ambientes de trabajo profesionales y perfiles de interés para el mercado laboral. Paralelamente se presenta la oportunidad de realizar investigación teniendo en cuenta las necesidades de las empresas y generar publicaciones académicas de beneficio para la Academia y la Industria.
- La oportunidad de mejora en la competitividad de las pequeñas y medianas empresas Pyme, a través del estudio, análisis e implementación de recomendaciones de mejora del desempeño energético.
- El fortalecimiento de la política de EE a través de los trabajos de auditoría energética, de la mano con la generación de insumos de información para la mejora y/o estructuración de políticas energéticas por parte del Gobierno.

El principal aporte del enfoque IAC es la interacción Academia – Industria – Estado, beneficiando a cada una de las partes y generando un espacio de interdependencia y retroalimentación para las funciones propias de cada sector.

Del lado del financiamiento de los IAC, es importante mencionar que los recursos para la constitución y operación de los Centros son aportados en su totalidad por el Gobierno, a través de la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable (EERE) del DOE. En ese orden, las empresas intervenidas no incurrir en el costo directo de las auditorías, sino en costos asociados como la designación de personal y posteriormente en la implementación de las recomendaciones producto de la evaluación. Las universidades mantienen su

personal y gastos operativos a través de los recursos aportados por el Gobierno y al mismo tiempo, desarrollan investigaciones y publicaciones que contribuyen a su desempeño y calidad frente al mercado académico. El DOE no solo aporta recursos económicos a los IAC, sino que provee herramientas de software que facilitan el acceso de academia e industria al conocimiento en gestión de la energía y al mismo tiempo estandarizan las actividades que se desarrollan en el marco del programa.

A la fecha, el programa IAC ha realizado más de 18.000 evaluaciones con más de 135.000 recomendaciones asociadas a mejorar la productividad y optimizar el uso energético. Según cifras del ACEEE⁸, el Programa gasta alrededor de USD \$9 millones cada año para financiar la mayor parte de la capacitación y las evaluaciones. Alrededor del 30% de las empresas implementan las recomendaciones e invierten USD \$25-30 millones cada año en las mejoras de eficiencia que eligen realizar y una vez implementadas, se amortizan en menos de un año en promedio, representando USD \$70 millones de ahorro en facturas de energéticos.

El programa IAC aporta el modelo base al programa PEVI, no obstante, este último se enfoca no solo en la auditoría energética sino en la promoción de adopción de Sistemas de Gestión de la Energía en línea con las mejores prácticas internacionales. El carácter público del financiamiento de la iniciativa estadounidense ha sido exitoso, dado que se ha establecido en la política energética, garantizando una apropiación presupuestal que cada año se revisa y renueva. En ese sentido, para el caso colombiano se sugieren tener en cuenta los resultados y recomendaciones que se han producido en las tres fases hasta ahora desarrolladas como insumo directo al desarrollo de una política de eficiencia energética en la industria.

6.2. Desarrollo del Programa PEVI dentro de la modalidad de extensión universitaria

El papel de las universidades en el desarrollo de una sociedad toma cada vez más importancia como agente diferenciador para la creación y generación de conocimiento. De manera progresiva, la universidad se ha ido adaptando y acercando de manera estratégica a la sociedad, sosteniéndose en la actualidad en tres principales pilares misionales: la docencia, la investigación y la extensión.

Con el objetivo de evaluar la potencialidad de diversos modelos para en el marco del componente de sostenibilidad del programa PEVI, es importante mencionar que una forma cada vez más difundida de ligar el sector productivo, la universidad y el Estado es desde el pilar de investigación y desarrollo tecnológico (I+D+i), desarrollando los grupos de investigación y recientemente, apoyando la creación de empresas de base tecnológica (EBT) o spin-off universitarias. El objetivo de estas empresas reside en orientar al mercado las innovaciones tecnológicas en cuanto a productos y servicios que se desarrollan dentro de la institución educativa.

Colombia cuenta con la Ley 1838 de 2017 la cual promueve la creación de spin-off, propendiendo por el

⁸ American Council for an Energy-Efficient Economy. 2018. Savings from INDUSTRIAL ASSESSMENT CENTERS. Recuperado de <http://aceee.org/sites/default/files/pdf/fact-sheet/industrial-assessment-centers.pdf>

“aprovechamiento de los resultados de investigación y la transferencia de conocimientos a la sociedad como factor de desarrollo humano, científico, cultural y económico a nivel local, regional y nacional.” Esta figura y sus posibles ventajas se deben analizar bajo la Ley que enuncia que las “Instituciones de Educación Superior (IES), podrán crear empresas tipo spin-off sin afectar sus planes de mejoramiento, con o sin participación de particulares. Los servidores públicos docentes, y/o investigadores, cualquiera sea su forma o naturaleza de vinculación legal podrán formar parte de ellas a cualquier título, o crear spin-off, pudiendo para tal fin asociarse con las IES, y con las personas privadas que manejen recursos públicos, de acuerdo con la ley, reglamentos y estatutos propios de las IES”.

El concepto de extensión universitaria, tercer pilar de las Instituciones de Educación Superior, se centra en aportar a la sociedad de manera crítica, presentando respuestas pertinentes y oportunas a los actores del entorno con los que interactúa, a través de un amplio rango de servicios que se ponen a disposición de los sectores públicos y privados. Las actividades más comunes que abarca la extensión universitaria son los contratos de consultoría, asesoría o interventoría, cursos de educación continua, pasantías de profesores y estudiantes, apoyo al emprendimiento, proyectos de intervención social, servicios docentes asistenciales en diversos campos del conocimiento, entre otros. Teniendo en cuenta lo anterior, la naturaleza diversa de las prácticas de extensión, sigue en continuo debate a día de hoy, y es finalmente en los estatutos y políticas de cada universidad donde se definen los principios, objetivos y formas que pueden tomar los modelos de este tercer eje universitario.

Se puede destacar algunas de las variedades que pueden ser de utilidad en cuanto a su potencialidad para el modelo PEVI. Este es el caso de la prestación de servicios, en forma de:

- Servicios tecnológicos para la transferencia de conocimiento y búsqueda de soluciones en forma de consultorías, asesorías o auditorías entre otros.
- Servicios de laboratorio, poniendo a disposición la capacidad instalada de la Universidad en una cierta materia en cuanto a infraestructura y personal.



Cabe mencionar que en los últimos años se ha visto el modelo de extensión como una actividad rentística, a pesar de la naturaleza de la misma, y ha sido fuertemente criticada. Se ha venido prestando especial atención desde el gobierno a este mecanismo, debido a que muchas entidades públicas han utilizado la figura de contratación interadministrativa como vehículo para ejecutar proyectos a través de las instituciones educativas.

Los tres (3) centros PEVI establecidos hoy en tres (3) universidades regionales han desarrollado el programa PEVI bajo la modalidad de Investigación. Este enfoque permitiría una continuidad del Programa e incluso una cofinanciación, siempre y cuando se garanticen recursos externos (públicos o privados). Adicionalmente, esta modalidad -investigación- es la que menor costo administrativo representa dentro de las alternativas de extensión universitaria.

A pesar de la voluntad y pertinencia de las actividades planteadas en el PEVI, se observa que las instituciones de educación superior atienden los proyectos a partir del aseguramiento de la financiación de estos, normalmente a través de recursos externos. Por este motivo, y una vez analizada la estructura operativa de las Universidades, se recomienda contemplar en primera instancia el financiamiento público buscando la continuidad del Programa, para garantizar una fuente constante de recursos que permita fortalecer cada Centro PEVI en funcionamiento y extender nuevos centros PEVI en otras universidades y regiones del país.

6.3. Sostenibilidad Centro PEVI Uniatlántico

Para la continuidad del Centro PEVI de la Universidad del Atlántico se cuenta con el apoyo institucional de la Vicerrectoría de Investigación, Extensión y Proyección Social (VIEPS). Apoyado en el Grupo de Investigación KAÍ de la Facultad de Ingeniería, se buscará que el Centro PEVI fundamente su trabajo en la búsqueda de una mayor interrelación entre la academia y la industria en pro de la gestión energética en el sector industrial y terciario en la región caribe colombiana. Así, se han realizado gestiones con la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) Seccional Atlántico & Magdalena, donde se han llegado a las siguientes posibilidades para la alternativa de sostenibilidad del centro:

- Apoyo empresarial
 - Empresas interesadas apoyan con la contratación de un estudiante en práctica pagado por ellas que participe y ejecute actividades por los 6 meses de práctica en gestión energética que dure la intervención PEVI.
 - Fundación ANDI. ANDI tiene una fundación a nivel nacional que dentro de su objeto social cabe la actividad del PEVI. Las empresas interesadas pueden dar una donación a la Fundación para desarrollar las actividades. Esa donación puede ser deducible de renta de las empresas. La Fundación pagaría los recursos para que fue destinada la donación dentro de las actividades PEVI.

- Vincular Sponsor empresariales al Centro PEVI de la Universidad del Atlántico. Crear esta figura para aquellas empresas que deseen apoyar al Centro y recibir a cambio beneficios predeterminados de eficiencia energética. Hacerlo de tal forma que puedan tener beneficios tributarios por ello.
- Programas (Convocatorias) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Estructurar el Programa PEVI con el concurso de la industria nacional a través de los programas de responsabilidad social empresarial que se desarrollan. La apuesta por desarrollar planes de acción a favor de cambio climático pueden representar una metodología para atraer inversiones de diferentes tipos y poder contribuir a la sostenibilidad del programa.

6.4. Sostenibilidad Centro PEVI UNAB

Existe un compromiso escrito por parte del Rector de la Universidad y el Decano de la Facultad de Ingeniería a la continuidad del Centro PEVI. Para la UNAB es un asunto de alto interés dada la oportunidad de afianzar su relación con el sector productivo, y generar, una oferta de servicios de asesoría y consultoría, en primera instancia relacionada con la eficiencia y la gestión energética, pero con el potencial de extender hacia otros campos de conocimiento de la Facultad de Ingeniería y la Institución.

En lo referente a la formalización del Centro PEVI es importante aclarar que por política institucional la dependencia encargada de la relación con el sector externo, en términos de servicios de asesoría y consultoría a las organizaciones, es la Dirección de Extensión Universitaria quien está autorizada para operar con la personería jurídica de la Institución en cuanto a la realización de contratos, siendo al final de cuentas el Rector quien los firma como representante legal. En este sentido, el Centro PEVI operaría como una unidad de apoyo al empresario dentro de la oferta de servicios al sector externo de la Dirección de Extensión, la cual existe, mientras se dé continuidad al PEVI o existan contratos de asesoría energética en desarrollo u otras asesorías o consultorías en ejecución dentro de la Facultad de Ingeniería, las cuales sean de bajo costo para el empresario y financiadas con recursos externos.

Como estrategias de sostenibilidad del Centro PEVI se propone desarrollar un portafolio de servicios para aprovechar la experiencia, conocimiento y recursos de los programas de la Facultad de Ingeniería, donde se integran campos de conocimiento de otros programas, adicionales a la Eficiencia Energética e Integración de Fuentes Alternativas de Energía (Ing. en Energía), para brindar asesoría al empresario en temas relacionados con: la Automatización, Instrumentación y Control de procesos industriales (Ing. Mecatrónica); la Gestión y Optimización Procesos, la Producción Limpia, la Industria 4.0 (Ing. Industrial); la Gestión, Aplicación y Desarrollo de Tecnología Informática (Ing. de Sistemas); la Evaluación Financiera de Proyectos, los Diagnósticos Financieros, la Valoración empresas y los Portafolios de Inversión (Ing. Financiera); y, los Estudios Sectoriales y del Mercado, así como, la gestión de indicadores mediante inteligencia de negocios y el marketing Industrial (Ing. de Mercados).

En este sentido el Centro PEVI UNAB continuará como un centro de apoyo al empresario trabajando entre otros temas, la eficiencia energética que es la base del propósito para lo cual fue creado, aplicando la metodología PEVI y las lecciones aprendidas, manteniendo su oferta de servicios de asesoría energética, bajo el modelo de los IAC en Estados Unidos. No obstante, integrará los otros campos de conocimiento adicionales en la oferta de servicios de asesoría al empresario, poniendo a disposición de las asesorías a desarrollar, los recursos software y hardware, instrumentos de medición y personal experto disponible en los programas de la Facultad, según requerimiento de los convenios o contratos desarrollados.



Una estrategia que ya ha funcionado y que actualmente está mediada con convenios interinstitucionales, consiste en desarrollar la asesoría energética financiada por un comercializador de energía eléctrica o gas. En la actualidad el centro PEVI UNAB ha desarrollado esquemas colaborativos de este tipo con Ruitoque E.S.P. y NORGAS E.S.P., en el ámbito de la capacitación en temas de eficiencia y gestión energética a sus grandes clientes.

6.5. Sostenibilidad Centro PEVI UAO

La Universidad Autónoma de Occidente (UAO) es una universidad de docencia e investigación que tiene como misión contribuir a la formación de personas con visión humanística, creativas y emprendedoras, a la generación de conocimiento y a la solución de problemas del entorno regional, nacional e internacional. En ese sentido la universidad busca potenciar el desarrollo regional mediante su capacidad de articular, con carácter local y global, las dinámicas científicas, culturales, económicas, ambientales y sociales a sus procesos misionales, con criterios de excelencia que se reflejan en el desempeño de sus egresados y la comunidad académica. Es referente por su capacidad creativa, innovadora, emprendedora y aporte ejemplar a un mundo más sustentable e incluyente.

La UAO está comprometida con el desarrollo sostenible y es consciente que la eficiencia energética y las energías renovables son las principales alternativas tecnológicas para implementar sistemas energéticos sostenibles y lograr que las empresas sean más productivas y competitivas. La UAO en los últimos 20 años ha realizado importantes contribuciones al avance de la eficiencia energética de la región y el país, esfuerzos que han sido reconocidos con el otorgamiento del Premio Nacional Eficiencia Energética Andesco-UPME los años 2015 y 2019.

La UAO consciente del importante papel que la eficiencia energética tiene en la lucha contra el cambio climático y la sostenibilidad del planeta y para el cumplimiento de los ODS de la ONU, considera de importancia estratégica el establecimiento y formalización del Centro PEVI-UAO con los siguientes objetivos estratégicos:

- Impactar el sector de pequeñas y medianas empresas de la región, reduciendo el consumo energético, el desperdicio y las emisiones de GEI, mediante el incremento de la eficiencia energética y la identificación de oportunidades de productividad, para mejorar sus resultados financieros, protegiendo el medio ambiente.
- Fortalecer la capacitación de los estudiantes de ingeniería de pregrado y postgrado afines (Especialización en Eficiencia Energética, Maestría en Sistemas Energéticos) involucrándolos en la solución de los problemas reales de energía y medio ambiente y productividad. Formando así a los futuros líderes energéticos del país.

En el marco de lo anterior la UAO dispone de todas sus fortalezas para establecer, formalizar, desarrollar y dar sostenibilidad al Centro PEVI-UAO. En este sentido, la Universidad ha declarado las actividades del Programa PEVI como Proyecto de Investigación: “Propuesta Para El Establecimiento y Formalización del Centro de Evaluación PEVI - UAO, (como parte del programa de evaluación industrial, PEVI). Convocatoria UNIDO-UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Código: 21INTER-387. Clasificación- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. Este declaración le permite dar paso al diseño de acciones que se consideren para lograr la sostenibilidad del Centro de Evaluación Industrial - UAO/PEVI.

6.6. Fuentes de financiamiento al Programa PEVI

Durante el desarrollo del programa PEVI se identificaron los potenciales financiadores del programa y su agrupación dependiendo de la fuente de los recursos. A continuación se agrupan y describen algunas fuentes de financiamiento y las recomendaciones obtenidas del análisis de cada una.

6.6.1. Sector Público

Teniendo presente que el CONPES 4075 de 2022 definió como una de las líneas de acción para la estrategia de seguridad y confiabilidad energética, la promoción e incremento de la eficiencia energética a partir, entre otras, de la obligatoriedad de auditorías energética en el sector industrial, se recomienda que el fortalecimiento del programa PEVI, los centros ya establecidos y la réplica en nuevos centros PEVI, provengan de una fuente de financiamiento público. Entre las principales fuentes potenciales para este fin se pueden encontrar:

- Programas/Convocatorias del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, o del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo: a través de iniciativas que con bajo criterios mejoramiento produc-

tivo, sostenibilidad o competitividad, permitan la vinculación de Instituciones Educativas con los sectores industrial colombiano.

- Unidad de Planeación Minero-Energética: a través del financiamiento con recursos propios de la entidad. Es la entidad nacional que ha liderado y cofinanciado el Programa PEVI, por lo que puede ser una fuente de financiación en siguientes fases del Programa, considerando no obstante, la capacidad limitada de recursos que evidencia la necesidad de contemplar otras fuentes complementarias. Se recomienda que el liderazgo del desarrollo del Programa se continúe realizando por la UPME, pero que se constituya a figura de “field manager” con una universidad aliada, reconociendo la limitante de personal de la entidad dedicado al Programa.
- Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía: aprovechando el carácter de capital autónomo con que el Fondo cuenta y considerando que busca promover, ejecutar y financiar la gestión eficiente de la energía a través planes, programas y proyectos, asistencias técnicas y actividades de fomento, promoción estímulo o incentivo. En el desarrollo del Programa PEVI se ha realizado la preformulación de una proyecto para presentar al FENOGÉ, sin embargo es importante definir el mecanismo de presentación del mismo, así como el arreglo organización que se puede utilizar para el manejo de los recursos, en caso de ser asignados, de acuerdo a lo contenido en el último manual operativo (Resolución MME 40045 de 2022).

El objetivo de la propuesta está orientado financiar un ciclo de funcionamiento del programa PEVI durante 2 años. En este periodo de tiempo se realizarían como mínimo 100 auditorías energéticas (100 industrias) a través de 5 centros PEVI. Lo anterior implica que además de los 3 centros hoy establecidos se debe extender el programa PEVI a dos nuevas universidades de otras regiones de país que puedan atender empresas ubicadas en corredores industriales de interés para el desarrollo de la política de eficiencia energética en el sector industrial. El costo de este programa se estima en el orden de tres mil quinientos millones de pesos (\$3.500.000.000) de los cuales se requieren recursos por parte del FENOGÉ por un valor aproximado de dos mil setecientos millones de pesos (\$2.700.000.000) y una contrapartida de las universidades que desarrollan el programa PEVI por un valor aproximado a ochocientos millones de pesos (\$800.000.000)⁹

De acuerdo con los cálculos realizados el desarrollo de este ciclo del programa PEVI identificaría un potencial de ahorro aproximado de 680 TJ equivalentes a 36.300 tCO₂.

- Sistema General de Regalías: Los fondos de regalías son una fuente interesante de financiación para los Centros PEVI en las universidades. Tienen la limitación de que son de alcance regional y que el tema de la promoción de la gestión eficiente de la energía debe de estar en los Programas de Ciencia y Tecnología Regional como prioritario.

⁹ Las cifras referenciadas deberán ser ajustadas y actualizadas en el momento de hacer la presentación oficial ante el FENOGÉ.

6.6.2. Sector Privado

El sector privado podría contar con recursos reembolsables y no reembolsables que, dependiendo la fuente, se otorgarían directamente a los Centro PEVI o directamente a las empresas beneficiarias para que a su vez financien la intervención del Centro PEVI. Entre las principales fuentes potenciales para este fin se pueden encontrar:

- **Agremiaciones:** Este modelo ha ayudado al desarrollo del Programa PEVI desde la gestión empresarial. Se puede explorar la posibilidad de apalancar parte o la totalidad de la operación de un centro PEVI desde los recursos que le son aportados por las empresas agremiadas. El trabajo con las fundaciones es una forma de ello. Entre otras se han realizado contactos con: ANDI, Cámaras de Comercio, Confecámaras, ACIEM, ACOPI
- **Empresas comercializadoras de energía:** Como parte de la oferta de valor agregado en la atención comercial a clientes industriales, se pueden establecer alianzas de trabajo universidad-comercializadora de energía para promover medidas y acciones de eficiencia energética. El caso desarrollado por la UNAB – Ruitoque, es muestra del potencial para desarrollar este modelo de financiación.
- **Sector Cooperación y Banca multilateral:** Se requiere un compromiso decidido desde la entidad encargada del desarrollo de políticas energéticas para buscar apalancamiento de largo plazo frente a iniciativas. La comunidad internacional apuesta por estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático lo que abre una ventana interesante para identificar ventanas de recursos por cooperación y banca multilateral. En este orden de ideas, el modelo de acuerdo colaborativo entre ONUDI y la UPME ha sido un factor de éxito fundamental para el desarrollo del Programa PEVI.

7. Conclusiones y recomendaciones

- Con los ahorros identificados en el desarrollo del Programa PEVI se puede establecer un aporte del 1,2% a la meta del sector industrial, contemplada en el PAI-PROURE 2022-2030, que corresponde a un ahorro estimado de cerca de 3.114,36 TJ en un periodo de nueve años, equivalente a una reducción en emisiones de GEI por 166.707 tCO₂eq.
- Los ahorros y reducción de emisiones provienen principalmente de oportunidades asociadas a gestión operacional de bajo o nulo costo, recomendando realizar mejoras en los ciclos de mantenimiento, control y programación de la producción y diseñando esquemas o sistemas de medición de las variables que influyen en el consumo de los energéticos.
- Las actividades realizadas por los Centros PEVI permitió a las empresas: conocer sus usos significativos de energía, conocer el estado de su desempeño energético, establecer sus indicadores de desempeño energético, identificar potenciales de ahorro por gestión de la operación y por medidas de cambios tecnológicos, conocer que deben realizar para estandarizar un modelo de sistema de gestión de la energía, y actualizar técnicamente a sus gestores energéticos.
- La actividad de capacitación realizada dentro del Programa PEVI constituye parte importante de la formación de estudiantes de ingeniería interesados en la temática de eficiencia energética, así como de la actualización técnica y profesional del personal de la industria. Estudiantes de pregrado y de Maestría se interesaron en desarrollar sus tesis de Grado tomando como referencia los resultados obtenidos en el Programa y fortalecieron sus conocimientos prácticos adquiriendo un valor profesional superior al resto que no participaron. Los profesionales de la industria se actualizaron en nuevas herramientas de gestión y diagnóstico energético.
- Las empresas industriales necesitan de esta evaluación periódica del desempeño energético y de su sistema de gestión energética. La cantidad de medidas identificadas y su potencial de reducción de consumo e impacto ambiental, en cada una de las tres fases realizadas señala que este tipo de intervención sirve para:
 - Actualizar sus sistemas de gestión respecto a estándares internacionales más efectivos.
 - Conceptualizar y justificar técnica y económicamente proyectos identificados por las empresas a nivel empírico.
 - Ayudar a las empresas en sus necesidades de medición para conocer sus desempeños reales.
 - Corroborar acciones de eficiencia energética o productivas y validar su impacto real en el consumo de energía y su impacto ambiental.

- Identificar nuevos proyectos basados en nuevas tecnologías y con la aplicación de incentivos tributarios.
- Actualizar académica y técnicamente al personal de la empresa encargado del manejo de la energía.
- Se evidencio en los resultados obtenidos de cada empresa que las medidas identificadas coinciden con las medidas principales de eficiencia energética del PAI PROURE 2022-2030 para el sector industrial como: adquisición de motores y variadores de alta eficiencia; adquisición de equipos de optimización de la combustión y recuperación de calor; adquisición y mantenimiento de aislamientos térmicos; diseño y acompañamiento para la implementación de la ISO 50.001; adquisición de medidores para USE de uso final de la energía; buenas prácticas de operación y mantenimiento en los USE.
- Las principales barreras identificadas para mejorar el proceso de auditoría en las empresas a través de la metodología PEVI fueron las siguientes:
- Inexistencia de registros de medición e información histórica de la empresa lo que hace difícil, impreciso y prolongado la toma de datos necesarios para establecer el desempeño energético y evaluar los usos significativos de la energía .
- Inexistencia de información de especificaciones técnicas de los equipos mayores consumidores de energía de la empresa.
- Inexistencia en las empresas de personal encargado de la gestión energética.
- Cultura organizacional dirigida a la implementación de medidas tecnológicas independientes, más que a sostener un sistema de gestión y hacer seguimiento de indicadores de desempeño energético y actuar sobre las causas de sus desviaciones sub-estándar.
- Falta de contacto con proveedores de tecnologías eficientes para poder hacer evaluaciones económicas más precisas en las medidas identificadas de cambios tecnológicos.
- Los ejercicios de medición, estimación de oportunidades de ahorro y la evaluación económica de las medidas generadas permite que la industria reconozca la importancia de la gestión energética, tome decisiones mejor informada, lo que se materializa en la formulación y ejecución de futuros proyectos.
- El Programa de Evaluación Industrial, PEVI, es una oportunidad estratégica para apalancar actividades que permiten promover la cultura de eficiencia energética y adaptación a sistemas de gestión de la energía en las industrias, sensibilizando e iniciado la creación de capacidades al interior de las

mismas, para realizar una gestión eficiente de la energía que consumen sus procesos productivos.

- Se espera que las industrias que han participado durante las tres fases del programa PEVI puedan aplicar las recomendaciones de eficiencia energética propuestas por los centros PEVI, en principio de bajo costo o cero costo, por lo que se recomienda hacer una validación posterior para determinar el impacto real alcanzado en las 51 industrias.
- Se recomienda definir un centro PEVI Líder como parte del modelo de operación del programa. Este centro PEVI será el responsable entre otros de monitorear el desempeño de los centros PEVI establecidos en el país, revisar informes trimestrales que midan el desempeño de los centros en su ejecución y la calidad de su trabajo preferiblemente a través de una batería de indicadores y criterios debidamente predeterminados, revisar y dar un visto bueno a los informes producidos por estos centros PEVI antes que estos sean remitidos a las empresas objeto de evaluación, brindar formación y capacitación a nuevos centros PEVI, recopilar y consolidar los resultados alcanzados por el programa en general.
- Se recomienda que el fortalecimiento y continuidad inicial del programa PEVI, los centros ya establecidos y la réplica en nuevos centros PEVI, provengan inicialmente de una fuente de financiamiento público, por ejemplo con recursos del FENOGY y/o de Presupuesto General de la Nación en cabeza de UPME, para aprovechar las oportunidades de réplica y sensibilizar en la gestión eficiente de la energía a grandes grupos empresariales, garantizando en alguna medida la sostenibilidad de los resultados obtenidos a la fecha, así como el aporte a las metas del PAI-PROURE 2022-2030.



